



Verband Deutscher Landwirtschaftlicher
Untersuchungs- und Forschungsanstalten

Kongressband 2002 Leipzig

Vorträge zum Generalthema

„Ressourcenschutz und Produktsicherheit - Qualitätssicherung in der Landwirtschaft“

und weitere Beiträge aus den öffentlichen Sitzungen und
Workshops des 114. VDLUFA-Kongresses
vom 16. bis 20. September 2002

VDLUFA-Schriftenreihe 58 (2003)

ISBN 3-922712-87-8

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

ISSN 0173-8712

ISBN 3-922712-87-8

VDLUFA-Schriftenreihe **58** (2003)

© 2003 by VDLUFA-Verlag

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung vorbehalten.

Herausgeber:

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten,
c/o LK Rheinland, UZ Bonn-Roleber, Siebengebirgsstraße 200, 53229 Bonn,
Tel. 0228/4342511, Fax 4342474, E-Mail: info@VDLUFA.de

Verlag:

VDLUFA-Verlag, c/o LK Rheinland, UZ Bonn-Roleber, Siebengebirgsstraße 200,
53229 Bonn, Tel. 0228/4342511, Fax 4342474, E-Mail: info@VDLUFA.de

Endredaktion und herstellerische Betreuung:

Dr. H.-G. Brod, c/o LK Rheinland, UZ Bonn-Roleber, Siebengebirgsstraße 200,
53229 Bonn, Tel. 0228/4342511, Fax 4342474, E-Mail: brod@VDLUFA.de

Die inhaltliche, orthographische und grammatikalische Verantwortung liegt beim Autor.



**Verband Deutscher Landwirtschaftlicher
Untersuchungs- und Forschungsanstalten**

Kongressband 2002 Leipzig

Generalthema

**„Ressourcenschutz und Produktsicherheit -
Qualitätssicherung in der Landwirtschaft“**

**Vorträge und Poster der
öffentlichen Sitzungen**

**114. VDLUFA-Kongress
vom 16. bis 20. September 2002**

VDLUFA-Schriftenreihe 58 (2002)

ISBN 3-922712-87-8

KURZ - INHALTSVERZEICHNIS	Seite
Plenartagung „Ressourcenschutz und Produktsicherheit – Qualitätssicherung in der Landwirtschaft“	14 - 21
Stoffflüsse	22 - 82
Poster Stoffflüsse	83 - 139
Diversität	140 - 166
Poster Diversität	167 - 197
Milch	198 - 227
Futtermittel	228 - 248
Tierernährung	249 - 264
Futtermittel/Tierernährung (Mittwoch)	265 - 297
Futtermittel/Tierernährung (Donnerstag)	298 - 315
Poster Futtermittel/Tierernährung	316 - 422
Bodenschutz	423 - 458
Poster Bodenschutz	459 - 503
Schadstoffe	504 - 524
Poster Schadstoffe	525 - 541
Ressourcenschutz und Qualitätssicherung	542 - 577
Poster Ressourcenschutz und Qualitätssicherung	578 - 621
Unerwünschte Stoffe in organischen Düngemittel	622 - 629
Poster Unerwünschte Stoffe in organischen Düngemittel	630 - 639
Schimmelpilze und Produktsicherheit	640 - 650
Poster Schimmelpilze und Produktsicherheit	651 - 704
Gesundheitsuntersuchungen in der Saatgutprüfung	704 - 757
Poster Gesundheitsuntersuchungen in der Saatgutprüfung	758 - 761
Bewirtschaftungssysteme – Bewertungssysteme	762 - 797
Poster Bewirtschaftungssysteme – Bewertungssysteme	798 - 816
Freie Themen	817 - 833
Poster Freie Themen	834 - 915

INHALTSVERZEICHNIS

Einführung in das Kongressthema: Ressourcenschutz und Produktsicherheit - Qualitätssicherung in der Landwirtschaft.....	
Goldbach, H.E.....	14
Umweltwirkungen der Landwirtschaft: Minimierung der Belastungen aus bodenchemischer Sicht	
Kaupenjohann, M.	16
Umweltwirkungen der Landwirtschaft: Minimierung der Belastungen aus bodenphysikalischer Sicht.....	
Sommer, C. und Lebert, M.	18
Die Qualitätssicherungssysteme des VDLUFA	
Potthast, V.	20
Stoffflüsse in landwirtschaftlichen Betrieben mit und ohne Tierhaltung (Integriert u. ökologisch geführte Betriebe, Nährstoffsalden zur Bewertung von Effizienz u. Umweltverträglichkeit).....	
Tolerierbare und unvermeidbare Emissionen bzw. Verluste an C, N, P (und S) vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Tier-, Pflanzen- und Humanernährung	
Isermann, Klaus (Hanhofen); Isermann, Renate	22
Nährstoffsaldo von Grünlandbetrieben.....	
Hege, Ulrich (Freising); Offenberger, Konrad; Diepolder, Michael.....	34
Stickstoffflüsse in konventionellen und ökologischen Futterbaubetrieben.....	
Scheringer, Johanna (Göttingen); Isselstein, Johannes	35
Was leisten N-Bilanzen in Futterbausystemen als Indikator für eine ordnungsgemäße Landwirtschaft?	
Wachendorf, Michael (Kiel); Büchter, Manfred; Trott, Hagen; Taube, Friedhelm ...	36
Negative RNB in einer hochleistenden Milchviehherde über eine gesamte Laktation.....	
Hovenjürgen, M.; A. König; H. Spiekers; J. Griesse und E. Pfeffer, Bonn.....	37
Ökologische Bewertung unterschiedlich intensiver Produktionssysteme von Broilern anhand von Nährstoffbilanzen.....	
Kratz, Sylvia (Braunschweig); Rogasik, Jutta; Schnug, Ewald	39
Nährstoffkreislauf auf einer extensiven Rinderweide	
Mayer, Franziska (Freising); Auerswald, Karl; Schnyder, Hans	49
Zielwerte der Nachhaltigkeit für Nährstoff-, Humus- und Energiebilanzen von landwirtschaftlichen Betrieben in Luxemburg	
Lioy, Rocco (Ettelbrück); Albers, Jürgen; Dusseldorf, Tom; Klöcker, Dorothee; Meyers, Arthur	51
Fütterungsstrategien zur Verminderung von Schwermetallgehalten in Wirtschaftsdüngern	
Schultheiß, Ute (Darmstadt); Döhler, Helmut; Eckel, Henning; Roth, Ursula	59
Nitratauswaschung im Ackerbau in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung (ökologisch/konventionell) - Ergebnisse aus dem CONBALE-Projekt Lindhof.....	
Loges, Ralf (Kiel); Ruhe, Iris; Taube, Friedhelm	70
Mulchen von Klee gras vermindert den N-Gewinn: Ausmaß und Ursachen	
Heuwinkel, Hauke (Freising); Kaiser, Margot; Schmidhalter, Urs; Gutser, Reinhold	72
Ertragsverhalten und Nährstofftransfer (NPK) bei Grünland-extensivierung eines Feinsandgleys in Abhängigkeit von An-saatmischung, Schnitthäufigkeit und Verbleib der Phytomasse	
Renate Bockholt, Universität Rostock	74

Stoffflüsse in landwirtschaftlichen Betrieben mit und ohne Tierhaltung (Integriert u. ökologisch geführte Betriebe, Nährstoff-salden zur Bewertung von Effizienz u. Umweltverträglichkeit).....	
Stickstoff-Auswaschungsverluste und Nachfruchteffekte von Futterleguminosen auf Getreide-Nachfrüchte im Ökologischen Landbau unter pannonischen Standortbedingungen in Österreich.....	
Farthofer, Renate (Wien); Friedel, Jürgen K.; Pietsch, Gabriele; Freyer, Bernhard	83
Verbleib des durch Zwischenfrüchte konservierten Stickstoffs	
Wilfried Schliephake	87
Emissionen N-haltiger Spurengase aus Klee gras-Beständen mit Schnitt- und Mulchnutzung	
Weber, Andreas (Freising-Weihenstephan); Heuwinkel, Hauke; Gutser, Reinhold:	92
Form des diffusen P-Eintrages und Auswirkungen auf die Gewässergüte von Vorflutern im ländlichen Raum	94
Mokry, Markus (Karlsruhe); Schneider, Christine	94
Atmogene Deposition von Stickstoff und Schwefel (nass, fest und gasförmig) auf landwirtschaftlichen Stationen Sachsens	
Lippold, Hans (Leipzig); Albert, Erhard	99
Nährstoffsaldo auf Betriebsebene Hoftor- oder Feld-Stall-Ansatz?	
Hege, Ulrich (Freising); Offenberger, Konrad	102
Stickstoff- und Phosphor bilanzen ökologisch, integriert und konventionell bewirtschafteter Acker- und Grünlandschläge in einem Mittelgebirgsraum (Region Trier)	
Quirin, Markus (Trier); Schröder, Dietmar	106
Vergleich von Nährstoffbilanzierungsformen am Beispiel des Lehr- und Versuchsgutes Köllitsch	
Eckhard Rexroth; Petra Naumann und Jörg Pöbneck.....	113
Entwicklung der Erträge, der Nährstoffbilanzs	
Erhard Albert	117
Abschätzung der Änderung des Stickstoffbodenvorrats und Präzisierung des Stickstoffsaldos durch Humusbilanzierung am Beispiel des Dauerfeldversuchs M4 (Groß Kreutz)	
Prystav, Werner (Potsdam); Zimmer, Jörg (Güterfelde)	122
N-Bilanzen im Gemüsebau	
J. Rühlmann und B. Geyer ²	124
Auswirkungen langjährig reduzierter Bodenbearbeitung auf die N-Bilanz in einer Zuckerrüben-Weizen-Gerste-Fruchtfolge	
König, Hans-Peter (Göttingen); Stockfisch, Nicol; Koch, Heinz-Josef.....	128
Nitratgehalt der Böden in Wasserschutzgebieten - 5 Jahre Kontrolluntersuchungen im Herbst.....	
Bufe, Jürgen (Leipzig).....	133
Auswirkungen von Klärschlamm auf physikalische Eigenschaften von Böden.....	
Paul, Rainer (Jena)	134
Mikronährstoffversorgung landwirtschaftlich genutzter Böden in Sachsen.....	
Klose, Ralf (Leipzig); Kurzer, Hans-Joachim	139
Pflanzliche, tierische und mikrobielle Diversität in Agrarproduktionssystemen Diversität von Agrarproduktionssystemen.....	
Leithold, Günter (Gießen)	140
Gentechnisch modifizierte Pflanzen, aktuelle Nutzsor ten und Biodiversität.....	
Friedt, Wolfgang (Giessen); Lühs, Wilfried.....	144

Diversität der Bodenfauna in Agrarökosystemen und angrenzenden Biotopen	
Ekschmitt, Klemens (Gießen)	156
Mikrobielle Diversität in Bodenstandorten	
Liesack, Werner (Marburg)	157
Genetisches Fingerprinting als Strategie zur Analyse der Veränderlichkeit und zur Nutzung der mikrobiologischen Vielfalt in Agrarökosystemen	
Tebbe, Christoph C. (Braunschweig)	166
Pflanzliche, tierische und mikrobielle Diversität in Agrarproduktionssystemen	
Abundanz und Artenspektrum von Regenwurmpopulationen (Lumbriciden) in langjährig ökologisch genutzten Böden	
Renate Gnan, Günter Leithold	167
Auswirkung einer PAK-Mischkontamination auf mikrobiell getragene Bodenfunktionen	
Gueinzius, Ingo (Karlsruhe); Thalmann, Alfred	170
Bodentiere auf einer konventionell und ökologisch bewirtschafteten Fläche sowie einer Ödlandfläche	
Johannes Bauchhenß (Freising)	175
Molekularer Nachweis neuer bakterieller Hauptentwicklungslinien in gefluteten Reis-Mikrokosmen	
Derakshani, Manigee (Marburg); Liesack, Werner	179
Veränderungen in der bakteriellen Populationszusammensetzung entlang einem vertikalen Sauerstoffgradienten in geflutetem Reisfeldboden	
Derakshani, Manigee (Marburg); Lüdemann, Heiner; Arth, Inko; Liesack, Werner	184
Paarvergleiche bodenmikrobiologischer Parameter auf biologisch bzw. integriert bewirtschafteten Praxisparzellen	
Oberholzer, Hans-Rudolf (Zürich); Mäder, Paul	188
Erweiterung der Biodiversität in der Züchtung von Raps	
(<i>Brassica napus</i> L.)	
Lühs, Wilfried (Giessen); Seyis, Fatih; Spiller, Tobias; Baetzel, Roland; Snowden, Rod; Friedt, Wolfgang	193
Qualität von Rohmilch, wärmebehandelter Milch und Erzeugnissen auf Milchbasis	198
Einfluss einer wiederkäuergerechten Fütterung auf die Qualität der Rohmilch und deren Verarbeitungseigenschaften	
Kirst, Eberhard (Berlin)	198
Charakterisierung der Wärmebehandlung bei Konsummilch und Milchpulver anhand verschiedener Hitzeindikatoren	
Jahn, Friedegard (Oranienburg); Miebs, Angelika; Reukauf, Birgit	205
HPLC und spektrophotometrische Bestimmung von Annatto in Käse	
Kitzelmann, Erwin (Wangen im Allgäu); Strohmair, Walter; Bareth, Armin	211
Qualitätsmanagementsystem mit integrierter tierärztlicher Bestandskontrolle in Milcherzeugerbetrieben	
Kirst, Eberhard (Berlin)	217
Produktsicherheit und Qualität bei der fermentativen Herstellung von Chymosin	
Kolb, Michael (Dipl. Ing. FH), Nienburg	224
Untersuchungen zu Nebenprodukten bei der Getreideannahme in Mühlen	
I. Mykotoxine, Spurenelemente und mikrobieller Status	
Wolff, J. (Detmold); Blüthgen, A.; Brüggemann, J.; Dänicke, S.; Maeting, I.	228
Untersuchungen zu Nebenprodukten bei der Getreideannahme in Mühlen,	

II. Persistente Organochlorverbindungen (Altlastpestizide, Polychlorierte Biphenyle, Polychlorierte Dibenzodioxine und –furane) und moderne Pflanzenschutzmittel	
Blüthgen, A. (Kiel); Hecht, H.; Rabe, E.; Ruoff, U.; Schwind, K.-H.; Wolff, J.	229
Einsatz und Nachweis von probiotischen Mikroorganismen in Mischfuttermitteln	
Bucher, Erwin (Oberschleißheim); Steuer, Georg; Thalmann, Alfred	231
Vergleich unterschiedlicher Stärkebestimmungsmethoden in Futtermitteln	
Südekum, Karl-Heinz (Kiel); Hall, Mary Beth; Paschke-Beese, Monika	239
Gehalt an Kohlenhydraten in Milchleistungsfutter	
Grünewald, Karl-Hermann (Bonn); Schwadorf, Klaus	240
Auswirkungen unterschiedlicher chemischer Behandlungsverfahren auf den	
Rohfettaabbau im Pansen - ein Methodenvergleich	
Klein, Maike (Kiel); Südekum, Karl-Heinz	242
Zusammenhang zwischen Kauaktivität und Milchfettgehalt bei Kühen bei Variation	
des Kraftfutterniveaus	
Maulbetsch, Anja (Stuttgart-Hohenheim); Tafaj, Myqerem; Steingaß, Herbert;	
Drochner, Winfried	249
Einfluss der Synchronisierung von Kohlenhydrat- und Proteinabbau auf Parameter	
der Verdauungsphysiologie und Leistung bei Milchkühen	
Keller, Sven (Stuttgart-Hohenheim); Steingass, Herbert; Drochner, Winfried	250
Überprüfung der Proteinbedarfsempfehlungen für Schwarzbunte Mastbullen	
Meyer, Ulrich (Braunschweig); Gädeken, Dieter; Lebzien, Peter; Flachowsky,	
Gerhard	252
Zum Einfluss hoher Schwefelzulagen auf Leistungsparameter und	
Spurenelementgehalte in verschiedenen Geweben bei wachsenden Rindern	
Wessels, A. (Freising); Schenkel, H.; Schwarz, F.J.	253
Einfluss einer Selenzulage in der Fütterung von trockenstehenden Milchkühen	
Gierus, Martin (Kiel); Schwarz, Frieder J.; Kirchgessner, Manfred	254
Bilanzversuche zum Einsatz von Seltenen Erden in der Schweinemast	
Böhme, Hartwig (Braunschweig); Fleckenstein, Jürgen; Hu, Zheng Y; Schnug,	
Ewald	255
Untersuchungen zum Einfluss von Seltenen Erden auf das Wachstum und die	
Schlachtleistung von Broilern	
Halle, I. (Braunschweig); Fleckenstein, J.; Hu, Zheng Yi; Flachowsky, G.; Schnug,	
E.	261
Experimente zum Gärverlauf in Vorratssilagen aus totalen Mischrationen (TMR)	
Alberti, Jan Hinnerk (Kiel); Thaysen, Johannes; Südekum, Karl-Heinz	265
Zur energetischen Bewertung von Mischrationen (TMR) in der Milchkuhfütterung	
Boguhn, Jeannette (Halle); Kluth, Holger; Steinhöfel, Olaf; Peterhänsel, Martina;	
Rodehutsdord, Markus	279
Untersuchungen zur Additivität von Rohproteinfraktionen in Mischrationen -	
Bedeutung für die UDP-Schätzung	
Richardt, Wolfram (Lichtenwalde); Steinhöfel, Olaf	288
Wiederholbarkeit der Energiebestimmung von Heu und Mischfutter an Hammeln	
Hovenjürgen, M.; H. Spiekers; E. Tholen und E. Pfeffer, Bonn	295
Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die	
Bestandeszusammensetzung und die Futterqualität von Dauergrünland	
Trott, Hagen (Kiel); Wachendorf, Michael; Taube, Friedhelm	296
Untersuchungen zum Futterwert von Grasbeständen auf Winterweiden	
Wacker, Karl (Pöhl); Steinhöfel, Olaf	298
Entwicklung von NIRS-Kalibrationen für die RP- und NEL-Gehalte von Silomais	
unterschiedlichen phänologischen Alters	

Volkers, Karen C. (Kiel); Jovanovic, Nina J.; Loges, Ralf; Wachendorf, Michael; Taube, Friedhelm.....	306
Einfluss der Maissorte auf Gärqualität, Gärverluste und aerobe Stabilität	
Spiekers, Hubert (Bonn); Miltner, R.; Mues, N.:	308
Zum Einfluss von Sorte und Erntezeitpunkt auf den Futterwert von Silomais.....	
Ettle, T. und Schwarz, F.J. (Freising):	314
Untersuchungen zur Wasseraufnahme von Milchkühen	
Meyer, Ulrich (Braunschweig); Everinghoff, Matthias; Gädeken, Dieter; Flachowsky, Gerhard	315
Nachweis von tierischen Bestandteilen in Futtermitteln mit Hilfe der Polymerase- Kettenreaktion (PCR)	
Egert, Michael (Oldenburg) und Pecoraro, Sven (München)	316
Nachweis tierischer Bestandteile in Futtermitteln durch den Nachweis von Carnosin mittels HPLC	
Schönherr, Jens (Leipzig):	318
Ergebnisse der Futtermittelanalysen auf tierische Bestandteile im Freistaat Sachsen	
Schönherr, Jens (Leipzig); Schammler, Ines	322
Gaschromatographische Bestimmung von Chlormequat in Getreide und Kleien nach der modifizierten Methode von Allender	
Ueberschär, Karl-Heinz (Celle)	324
Charakterisierung von <i>Bacillus cereus</i> -Isolaten aus Futtermitteln und Lebensmitteln.....	
Schleif, Julia (Leipzig); Mietke, Henriette; Reissbrodt, Rolf; Beer, Wiland	330
Entwicklung einer Methode zur Glutaminsäurebestimmung in Fleischerzeugnissen Westphal, Karsten (Leipzig); Rudolph, Ralf; Speer, Karl (Dresden)	334
Qualitätssicherung bei der Grundfutteruntersuchung im Freistaat Sachsen und Freistaat Thüringen durch Ringversuche	
Krieg, Doris (Leipzig); Lüdke, Helmut	339
Inhaltsstoffe in der Grassilage abgeleitet aus den Gehalten im Grüngut	
Rutzmoser, Karl (Poing b. München); Schuster, Manfred; Richter, Wolfgang	343
Energieschätzung von Grassilagen aus der Untersuchung des Grüngutes	
Rutzmoser, Karl (Poing b. München); Richter, Wolfgang; Spann, Balthasar	346
Silierbarkeit von Grünfutter in Abhängigkeit von den Nutzungsbedingungen	
Kirsten Weiß, Ehrengard Kaiser ¹ und A. Milimonka.....	350
Schnellmethode (in vitro) zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit von MSB- Präparaten bei unterschiedlichen Fermentationsbedingungen.....	
Zierenberg, Brit (Rostock); Friedel, Klaus; Gabel, Martin	354
Vergleichende methodische Untersuchungen zur Quantifizierung der mikrobiellen Kontamination bei Anwendung der Nylon-Beutel-Technik zur Ermittlung des ruminalen Futterproteinabbaus	
Schmidt, Thomas (Rostock); Gabel, Martin; Voigt, Jürgen; Krawielitzki, Klaus	360
Einsatz von pansengeschütztem Methionin bei Milchkühen.....	
Alert, Hans-Joachim (Köllitsch); Klos, Kurt; Fröhlich, Brigitte	362
Antagonistisch aktive Enterokokken auf Futtergras – Ihre Bedeutung für Silagebereitung und Pansenfermentation	
Ott, Edda-Maria (Rostock); Müller, Thomas; Friedel, Klaus; Gabel, Martin.....	365
Zur Wirkung des Probiotikums Biosaf (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) auf die Leistung von Aufzuchtkälbern.....	
Löhnert, Hans-Jürgen (Remderoda); Ochrimenko, Wassili; Dunkel, Silke; Bargholz, Jürgen.....	367

Einfluss unterschiedlicher Fütterungsintensität bei trockenstehenden Kühen auf Futteraufnahme, Leistungs- und Stoffwechselfparameter zu Laktationsbeginn.....	
Steingass, Herbert (Stuttgart-Hohenheim); van Ackeren, Caroline; Drochner, Winfried	371
Gestaffelte Konzentratfüttergabe bei trockenstehenden Milchkühen	
Dunkel, Silke (Remderoda); Löhnert, Hans-Jürgen; Ochrimenko, Wassili; Lüdke, Helmut	373
Wirkung einer Supplementierung mit Propylenglycol bei Milchkühen in der Transitphase auf Futteraufnahme und Leistungsparameter	
Steingass, Herbert (Stuttgart); Wohlfrom, Ulrike; Drochner, Winfried	377
Vergleich des Einsatzes von Sojaextraktionsschrot und Erbsen bei Mastbullen.....	
Meyer, Ulrich (Braunschweig); Gädeken, Dieter; Lebzien, Peter; Flachowsky, Gerhard	379
Zum Selenbedarf von Mastschweinen.....	
Othmar P. Walz und Josef Pallauf	380
Lupineneinsatz in der Broilerfütterung im ökologischen Landbau.....	
Naumann, Petra (Köllitsch); Golze, Manfred; Schöberlein, Lore; Damme, Klaus	385
Auf Chlorversorgung der Legehennen achten.....	
Richter, Gerhard (Remderoda); Bargholz, Jürgen; Leiterer, Matthias; Heller, Elke	389
Ermittlung der Körperzusammensetzung mittels Ultraschographie am lebenden Tier	
Stamm, Sandra (Köllitsch); Golze, Manfred	394
Kontrolle der Fleischqualität bei Schweinen mittels Messung des Py-Wertes	
Schöberlein, Lore (Leipzig); Altmann, Monika (Halle)	400
Sicherung der Fleischqualität im Gesamtprozess der Schweinefleischerzeugung aus Sicht der Primärproduktion.....	
Hörügel, Klaus (Köllitsch); Schöberlein, Lore	404
Einfluss von Rasse/Genotyp, Kategorie und Reifung auf die Fleischqualität von Rindern.....	
Schöberlein, Lore (Leipzig); Golze, Manfred (Köllitsch)	409
Verfahren zur Bestimmung der Gewichtsanteile von Ausgangserzeugnissen in Mischfuttermitteln.....	
Leitner, Peter-Jürgen, Dr.agr., Chemnitz.....	414
Das Kommunikationsprojekt www.sachsen-genießen-fleisch.de	
Wegener, Leipzig	418
Wirkung von Waidextrakten auf <i>Fusarium culmorum</i> in vitro	
Pfannmöller, Monika; Förster, Karin; Diepenbrock, Wulf (Halle/Saale)	422
Bodenschutz: Umsetzung der Vorgaben des § 17 BBodSchG	
Bodenphysikalische Auswirkungen von Zuckerrübenenernte und Gülleausbringung unter Praxisbedingungen	
Koch, Heinz-Josef (Göttingen); Brandhuber, Robert; Stockfisch, Nicol; Schäfer-Landefeld, Lothar.....	423
Entwicklung bodenphysikalischer Parameter sowie der Humus- und Nährstoffverteilung in Ackerböden bei dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung	
Nitzsche, Olaf (Leipzig); Schmidt, Walter:	428
Vorsorge gegen Bodenerosion im Sinne guter fachlicher Praxis	
Frielinghaus, Monika, ZALF Müncheberg, Brandhuber, Robert, BLBP Freising; Schmidt, Walter-Alexander, LfL Leipzig	439
Bodenphysikalische Grundlagen des SVGK-Verfahrens zur Vorsorge gegen Schadverdichtungen	

Petelkau, Heinz (Müncheberg); Seidel, Klaus; Frielinghaus, Monika	447
Schädliche Bodenveränderungen durch Gefügedegradation und Erosion im Mittelsächsischen Lößhügelland - Definieren von Verdachtsflächen und Erheblichkeitskriterien.....	
Harrach, Tamas (Giessen); Behrens, Thorsten; Peter, Matthias; Sauer, Stephan	
Bodenschutz: Umsetzung der Vorgaben des § 17 BBodSchG.....	459
Bodenerosion und Gefahrenabwehr: Ein Konzept und Erfahrungen aus Bayern	
Brandhuber, Robert (Freising); Rippel, Rudolf	459
Der Thüringer Beratungsansatz zur Vorsorge gegen schädliche Bodenveränderungen durch Schadverdichtung und Erosion – Posterbeitrag	
Dr.sc. Peter Gullich und Dr. Rainer Pau, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft	463
Vorbeugender Hochwasserschutz durch konservierende Bodenbearbeitung im Einzugsgebiet der Pließnitz	
Zimmerling, Berno (Leipzig); Schmidt, Walter; Wilcke, Detlef.....	467
Anwendung des SVGK- Konzeptes zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtung in den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg	
Seidel, Klaus (Müncheberg); Frielinghaus, Monika; Petelkau, Heinz	472
Umsetzung der Vorsorge gegen Bodenerosion in den Bundesländern Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern.....	
Winnige, Barbara (Müncheberg); Funk, Roger; Frielinghaus, Monika:	477
Humusbilanzierung als Beitrag zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung; Vergleich von Bilanzmethoden anhand eines brandenburgischen Dauerfeldversuchs	
Prystav, Werner (Potsdam); Zimmer, Jörg (Güterfelde)	483
Entscheidungshilfe zum bodengefügeschonenden Maschineneinsatz	
Gierke, Ulrich (Leipzig); Götze, Helmut; Stahl, Henning	485
Die Wirkung von Hydroabsorbern auf Aggregatbildung und Erodierbarkeit sandiger Böden	
Wegener, Hans-R. (Gießen); Zeiger, Marcus; Wegener, Oliver	491
Fruchtfolgegestaltung und Bodenbearbeitung unter wasser-limitierten Standortbedingungen.....	
Bischoff, Joachim (Bernburg)	496
Bestimmung des Porenanteils in Böden und anderen Materialien unter Verwendung eines selbst gebauten Luftpyknometers, Flüssigkeitspyknometern und von Schätzwerten	
Deller, Berthold (Karlsruhe); Schmidt, Gerhard und Christina Niggemann.....	497
Schadstoffe und Schadstoffflüsse im System Boden - Pflanze	
Zur Prognose des Cadmiumgehalts in Ernteprodukten.....	
Ralf Klose, Lothar Suntheim, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft , FB Landwirtschaftliche Untersuchungen	504
Wirkungen von Komposten auf physikalische und biologische Bodeneigenschaften Bolduan, Rainer und Kluge, Rainer (Karlsruhe)	511
Oberflächenabtrag und Verlagerung von Pflanzenschutzmitteln	
G. Henkelmann	518
Pflanzenschutzmittel in Futtermitteln - Umgang mit einer "neuen" Thematik.....	
Offenbacher, Gustav (Bonn)	524
Schwermetallstatus landwirtschaftlich genutzter Böden in Thüringen - Bodenuntersuchungsergebnisse im Rahmen der Klärschlamm-verordnung	
König, Volkmar (Jena)	525
CO ₂ -Flüsse aus dem Boden in Abhängigkeit von steigenden Gehalten and Cd, Cu und Ni und ihrer Verteilung im Boden.....	

Kuzyakov, Yakov (Stuttgart); Raskatov, Alexei; Kaupenjohann, Martin	531
Die schlagbezogene Cd-Bilanz - ein Baustein zum landwirtschaftlichen Verbraucherschutz und zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit.....	
Mönicke, Rolf (Leipzig)	534
Anwendung von Tonmineralien zur Verringerung der Verfügbarkeit von Schwermetallen im Boden	
Rabea, Adel (Hohenheim); Usman, A.R.A.; Kuzyakov, Y.; Stahr, K.....	539
Risiko der Schwermetallbelastung von Böden bei regelmäßiger Kompostanwendung	
Kluge, Rainer (Karlsruhe).....	542
Ressourcenschutz und Qualitätssicherung in der Landwirtschaft - Auswirkungen auf Umwelt, Produktivität und Ökonomie	
Qualitätssicherung der Landbaulichen Abfallverwertung (QLA – Einzelbetriebliche Anwendungskonzeption)	
Severin, K., Birgit Apel, R. Assmann, R. Bartelt, G. Fuchs, K. Henning, R. Kluge	548
Analyse und Bewertung von Stoffflüssen in landwirtschaftlichen Betrieben mit dem Modell REPRO.....	
Hülsbergen, Kurt-Jürgen (Halle/Saale); Abraham, Jens; Christen, Olaf.....	554
Ökobilanzierung in landwirtschaftlichen Produktionssystemen	
Brentrup, Frank (Dülmen); Küsters, Jürgen; Lammel, Joachim.....	563
Ökobilanzen verschiedener Anbauvarianten wichtiger Ackerkulturen.....	
Nemecek, Thomas (Zürich); Kufrin, Pierre; Menzi, Mathias; Hebeisen, Thomas; Charles, Raphaël.....	564
13 Jahre Vergleichsflächenprogramm im Rahmen der Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung - SchALVO Baden-Württemberg	
Finck, Margarete (Karlsruhe).....	574
Ressourcenschutz und Qualitätssicherung in der Landwirtschaft - Auswirkungen auf Umwelt, Produktivität und Ökonomie	
Laborzulassung gemäß DüngeVO in Baden-Württemberg	
Übelhör, Walter (Karlsruhe)	578
Kontrolle von organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln aus Gartenmärkten in Sachsen und Thüringen	
Dittrich, Barbara (Leipzig); Neubert, Karl-Heinz; König, Volkmar; Riedel, Ronald	580
Beiträge der Sekundärrohstoffdünger Klärschlamm und Biokompost zur N-,P-,und C-(Humus-) Bilanz der (nicht-) nachhaltigen Landwirtschaft von Deutschland	
Isermann, Renate (Hanhofen); Isermann, Klaus	584
Ressourcenschutz und Qualitätssicherung im süddeutschen Zuckerrübenanbau.....	
Horn, Dietmar (Ochsenfurt); Lang, Christian (Worms)	591
Hydro-N-Tester Anwendung zu Winterweizen in Österreich.....	
Hösch, Johannes (Wien); Dersch, Georg	593
The Coincidental Pattern in Spatial Nitrogen Fertilization Requirement of Cereals ... Mohd Noor, Mohamed (Braunschweig); Schnug, Ewald	597
Möglichkeit der Reduzierung von Stickstoff- und Phosphatausträgen aus der Landwirtschaft durch den Zwischenfruchtanbau.....	
Eichler, Bettina (Rostock); Zachow, Birgit	598
Rohprotein-gehalt von Silomais - ein geeigneter Indikator der Stickstoffversorgung im Hinblick auf eine "gute fachliche Praxis"	
Herrmann, Antje (Kiel); Jovanovic, Nina; Taube, Friedhelm	602

Ein neuer, zielorientierter Ansatz zur Regelung wasserrechtlicher Ausgleichsleistungen - der N-Saldo an der Schnittstelle zwischen Landwirtschaft und Wasserversorgung	
Jäger, Andreas (Leipzig); Hülsbergen, Kurt-Jürgen; Christen, Olaf; Sauer, Uwe:	603
NH ₃ -Emissionsminderungsmaßnahmen in der Tierhaltung und Kosten der Emissionsminderung	
Eurich-Menden, Brigitte (Darmstadt); Döhler, Helmut; Fritzsche, Stephan; Schwab, Markus	609
Ergebnisse 5-jähriger P- und K-Dauerdüngungsversuche auf Grünland Ostdeutschlands und Schlussfolgerungen für die Düngung	
Hochberg, H. (Wandersleben); Kerschberger, M. ¹ , Schuppenies, R.; Greiner, B.; Riehl, G.; Pickert, J.	615
Eintrag von Schwermetallen in Böden über Wirtschaftsdünger	
Döhler, H. (Darmstadt), Schultheiss, U.; Eckel, H. und Roth, U.	622
Einträge und Verhalten von Tierarzneimitteln in Böden	
Höper, Heinrich (Bremen); Sczesny, Silke; Pawelzik, Heike; Nau, Heinz; Hamscher, Gerd	623
Unerwünschte Stoffe im Klärschlamm	
Bischoff, Reiner (Speyer)	624
Wirkungen von Tetracyclin auf die Bodenmikroflora	
Tapernon, Simone (Osnabrueck); Steingaß, Pascal; Fründ, Heinz-Christian	630
Neue Tendenzen beim Phosphatrecycling	
Von Sothen, Florian (Bonn)	631
Schwermetall-Einträge durch Wirtschaftsdünger von 1986 bis heute- Ergebnisse aus dem bayerischen Boden-Dauerbeobachtungsprogramm	
Müller, Christa; Ebert, Titus (Freising)	635
Analytik von Mykotoxinen	
K. Schwadorf, Stuttgart-Hohenheim	640
Grenzen und Möglichkeiten der NIR-Spektroskopie zur Mykotoxinbestimmung	
Nast, Dieter (Freising); Lepschy, Johann	648
Möglichkeiten der Tierernährung zur Minimierung der Einflüsse von Fusariumtoxinen auf landwirtschaftliche Nutztiere	
Dänicke, Sven (Braunschweig)	649
Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen gegen Fusariumbefall bei Winterweizen im Rahmen konservierender Bodenbearbeitung	
Schmidt, Walter (Leipzig); Nitzsche, Olaf; Gebhart, Christine	651
Vorkommen und Bedeutung von Mykotoxinen in Futtermitteln im Freistaat Sachsen	
Hörügel, Klaus (Köllitsch); Hanschmann, Gudrun; Gebhart, Christine	657
Beobachtungen zum Einfluss eines Mykotoxinbinders auf die Sauenfruchtbarkeit ...	
Hörügel, Klaus (Köllitsch); Vergara, Helga	663
Einfluss von Bewässerungswasser unterschiedlicher Beschaffenheit auf die Qualität von Gemüse und Sonderkulturen	
Pfleger, Ingrid (Jena)	668
Einfluss des Fusariumbefalls auf die Backqualität von Winterweizen	
Pringas, Christodulos (Göttingen); Wang, Jinhua; Pawelzik, Elke;	
Märländer, Bernward	673
Vergleich einer HPLC- und einer ELISA-Mehode zur Bestimmung von Deoxynivalenol in Mühlenstäuben, Kleien und Getreide	
Valenta, Hana (Braunschweig); Dänicke, Sven; Wolff, Joachim	675
Amylasen- und Proteasen-Aktivität in Winterweizen nach Fusarienbefall	
Wang, Jinhua (Göttingen); Lege, Andreas; Wolf, Gerhard A.; Pawelzik, Elke:	680

Untersuchung von Mykotoxinen in Futtermitteln.....	
Die Bestimmung von Zearalenon mit konventioneller Analytik und ELISA-Technik - ein Methodenvergleich.....	
Hanschmann, Gudrun (Leipzig)	684
Fusarientoxine in Getreide und Futtermitteln.....	
Kirchheim, Ulrich (Jena); Hartung, Horst; Herold, Lothar; Meixner, Bernhard:	688
Amino-N als Komponente des Schädlichen Stickstoffs in Zuckerrübensorten.....	
Hoffmann, Christa (Göttingen)	692
Einfluss der Kalium-Düngerform auf Stärkegehalt und Kochtyp bei Speisekartoffeln Dersch, Georg (Wien); Mechtler, Klemens	695
Einfluss unterschiedlicher Kali-Versorgung auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln.... Orlovius, Kristian (Kassel)	700
Kritische Betrachtungen zur gegenwärtigen Bewertung von brennfleckenkrankem Saatgut der Futtererbsen	
G. Müller und C. Fischer (Jena)	705
Statistische Analysen von Prüfergebnissen auf Ascochyta-Befall bei Erbsen.....	
Jackisch, Winfried (Nossen)	712
Gesundheitsprüfung:.....	
Saatgut aus der Landwirtschaft und dem Gemüsebau.....	
Kern, Birgit und Leist, Norbert, LUFA Augustenberg, Karlsruhe	713
Untersuchungen zur Keimung und zum Aufgang von Spargel-Saatgut	
Kretschmer, Meinolf (Geisenheim)	722
Der ISTA Akkreditierungs Standard; der weltweit einheitliche Weg zur Qualität.....	
Leist, Norbert (Karlsruhe), LUFA Augustenberg	728
Qualitätssicherung bei der Saatgutproduktion von Gräsern als Voraussetzung zur Etablierung leistungsfähiger Ackerfutterbestände.....	
Ch. Schiefer und E. Tewes	735
Die Keimfähigkeitsbestimmung und die Lebensfähigkeits-bestimmung im Vergleich bei Saatgut tropischer Futtergrasarten mit tiefer Dormanz.....	
Steiner, Adolf Martin (Stuttgart); Werth, Helga	743
Nachprüfung der Sorte bei Saatgut von Deutschem Weidelgras und Welschem Weidelgras aus dem Saatgutverkehr mittels Elektrophorese der Speicherproteine (Lolium perenne L., Lolium multiflorum Lam.)	
Steiner, Adolf Martin (Stuttgart); Goecke, Elke:.....	744
Anwendung des „OSU Vigor Systems“ zur Triebkraftbestimmung bei Salatsaatgut (Lactuca sativa L.)	
Kruse, M. (Columbus/ USA).....	745
Zur PCR- Analytik bei Saatgut und Futtermitteln	
Roth, Brigitte (Karlsruhe); Leist, Norbert:	746
Einsatz von biochemischen Methoden als Ersatz für den Nachkontrollanbau bei Getreide und Hybridmais.....	
Jonitz, Andrea (Karlsruhe); Leist, Norbert	753
Saatgut-Monitoring auf gentechnisch veränderte Bestandteile in Sachsen 2001	
Westphal, Karsten (Leipzig); Vogel, Holger (Nossen)	759
Weitreihenbau bei Weizen: Strategie zur Optimierung von Backqualitäten und Fruchtfolge im ökologischem Landbau.....	
Konstantin Becker (Gießen), Günter Leithold, Harald Schmidt	763
Vergleichende bodenzoologische Untersuchungen auf konventionell und ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen	
Bauchhenß, Johannes (Freising)	769
Berücksichtigung von Standortbedingungen bei der Bewertung von Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Betriebssysteme	

Jens Abraham (Halle/Saale); Michael Steininger; Kurt-Jürgen Hülsbergen; Olaf Christen.....	777
Bewertung der Effekte landwirtschaftlicher Bewirtschaftung auf die Bodenfruchtbarkeit in Ökobilanzen.....	
Oberholzer, Hans-Rudolf (Zürich); Weisskopf, Peter; Gaillard, Gérard.....	785
Ansätze für ein landwirtschaftlich orientiertes Umweltmanagementsystem nach EMAS unter Nutzung des Modells REPRO.	
Schrödter, Matthias (Bernburg); Haacker, Wolfgang; Holz, Falko	795
Das sächsische Agrarumweltprogramm "Umweltgerechte Landwirtschaft" (UL).....	
Prüfung der Auswirkungen verschiedener Bewirtschaftungsintensitäten auf Ertrag, Produktqualität und Umwelt im Rahmen einer 6-feldrigen Fruchtfolge (1994 - 2001)	
Werner Reinhardt	799
Ein Vergleich konventioneller, integrierter und biologischer Bewirtschaftung getrennt nach Acker- und Grünlandnutzung aus vegetationskundlicher Sicht.....	
Wehke, Sven (Trier); Frankenberg, Thomas; Zoldan, Jörg-Werner; Ruthsatz, Barbara.....	803
Praxiseinführung des Modells REPRO zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebssysteme	
Küstermann, Björn (Halle/Saale); Abraham, Jens; Hülsbergen, Kurt-Jürgen; Nehring, Wolfgang; Christen, Olaf	809
Vergleich und Bewertung verschiedener Bewirtschaftungssysteme des integrierten und ökologischen Landbaus auf Grundlage eines Feldversuches.....	
Reinicke, Frank (Halle/Saale); Hülsbergen, Kurt-Jürgen; Christen, Olaf	813
Die Quantifizierung organischer Boden-Fractionen mittels	
Nah-Infrarot-Spektroskopie.....	
Hartmann, Hans Peter (Hannover); Appel, Thomas	818
Laser-basierte Chlorophyllfluoreszenz-Sensorik zur Erfassung des	
N-Status von Weizen	
Bredemeier, Christian (Freising); Schmidhalter, Urs	826
Probenteilung mittels Rotationsprobenteiler	
Kotowski, Ursula (Bonn); Nonn, Harald; Rieß, Peter; Schlosser, Michael:	835
Biologische Abbaubarkeit von Hüllsubstanzen.....	
Kotowski, Ursula (Bonn); Nonn, Harald; Rieß, Peter; Schlosser, Michael.....	839
Hüllgradbestimmungsmethode.....	
Kotowski, Ursula (Bonn); Nonn, Harald; Rieß, Peter; Schlosser, Michael.....	842
Größe und Bedeutung der in 0,01M Calciumchlorid löslichen, leicht oxidierbaren N- und P-Fractionen im Boden	
J. Loch, Debrecen/Ungarn.....	847
Simultane, colorimetrische Messung des pH-Wertes bei der Bestimmung von Phosphor im CAL-Auszug	
Kießling, Günter (Jena); Neubert, Karl-Heinz	848
Vergleich des CAL-extrahierbaren Phosphates bei Anwendung der herkömmlichen und der modifizierten Methode in bayerischen Böden.....	
Nätscher, Ludwig (Freising-Weihenstephan)	852
Effizienz einer teilflächenspezifischen N-Düngung zu Winterweizen - Ist die Variation der Andüngung sinnvoll?	
Ebertseder, Thomas (Freising); Pasda, Gregor; Dauster, Christoph.....	860
Löslichkeiten und Wirkungen des Siliziums aus silikatischen Gesteinsmehlen, Bodenhilfsstoffen und Düngekalken.....	
Rex, Martin (Mülheim an der Ruhr)	862
Zur P-Fixierung sächsischer Verwitterungsböden auf metamorphen Gesteinen.....	
Richter, Waltraut (Leipzig); Suntheim, Lothar	866

Düngungsberatung in Sachsen - eine Grundlage für die Erhebung und Auswertung mehrfähriger Untersuchungsergebnisse	
Erhard Albert; Hartmut Ernst ; Frank Förster; Karl-Heinz Neubert	871
Sollten unterschiedlich entwickelte Wintergetreidebestände im Frühjahr differenziert mit Stickstoff angedüngt werden?	875
Boese, Lothar (Bernburg):	875
Ergebnisse zur Mikronährstoffdüngung in Kartoffeln.....	
Haberland, Rudolf (Bernburg):	880
Verwertung von Klärschlamm-Vererdungssubstraten in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau.....	
Schröder, Dietmar (Trier); Schneider, Raimund; Basner, Claudia	884
Praxisorientierte Ansätze zur qualitativen Beurteilung der organischen Substanz von Komposten bezogen auf deren Humuswirkung im Boden.....	
Leifert, Irmgard (Viersen); Max, Volker, Rieß, Peter	890
Kurzzeitige Variation von chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften in Dauerfeldversuchen nach langfristiger Düngung mit Klärschlamm und Kompost.....	
Breuer, Jörn (Stuttgart); Schulz, Rudolf; Röhmheld, Volker ² :	894
Sicherung der Bodenfruchtbarkeit durch Kompost: Anorganische Bestandteile	
Vandré, Robert (Darmstadt); Klages, Susanne; Schwab, Markus; Döhler, Helmut	897
Qualitätssicherung von landwirtschaftlich verwerteten Klärschlamm - Bestimmung zusätzlicher EU-Parameter in Klärschlämmen von Mecklenburg-Vorpommern.....	
Schweder, Peter (Rostock); Kape, Hans-Eberhard; Schaecke, Baldur; Zwierz, Peter:	898
Ergebnisse von Versuchen mit Bio- und Grüngutkomposten auf Acker- und Grünland	
Heyn, Johannes (Kassel); Neff, Richard; Schaaf, Harald	900
Einigung des N-Testers und des Nitratschnelltests zur Bemessung der N-Düngung bei Wintergetreide (unter den Bedingungen Schleswig-Holsteins)	
Heuer (Kiel); Gerendás.....	905
Response of Sunflower to Different Micronutrients and Methods of Application	
Magdy Halim Ibrahim; Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kafr El-Sheikh, Tanta University.....	907

Einführung in das Kongressthema: Ressourcenschutz und Produktsicherheit - Qualitätssicherung in der Landwirtschaft

Goldbach, H.E.¹

Jede Form landwirtschaftlicher Nutzung ist dadurch gekennzeichnet, dass sie natürliche Ökosysteme verändert mit dem Ziel, mehr an Nettoprimärproduktion dem Menschen direkt oder indirekt verfügbar zu machen, beinhaltet also eine gezielte Beeinflussung und Veränderung dieser Systeme. Landwirtschaftliche Produktion ohne Eingriffe in die Umwelt kann es nicht geben. Der inzwischen schon überstrapazierte Begriff der "nachhaltigen landwirtschaftlichen Nutzung" weist jedoch darauf hin, dass diese landwirtschaftliche Nutzung weder die eigene Produktionsgrundlage langfristig negativ verändern darf noch angrenzende Systeme (naturnahe Ökosysteme, Mensch, Fauna etc.) mehr als unvermeidbar belasten soll. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Qualität landwirtschaftlicher Produkte zu sichern, d.h., diese dürfen bei bedarfsgerechter Aufnahme zu keiner Beeinträchtigung der tierischen oder menschlichen Gesundheit führen. Andererseits sind die Produktionssysteme so zu gestalten, dass natürliche Ressourcen geschont und nicht mehr als unvermeidbar belastet werden. Landwirtschaftliche Forschung und Untersuchung muss diesen Zielen dienen.

Die im VDLUFA zusammengeschlossenen landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten sind seit ihrer Gründung und per definitionem der Qualitätssicherung und dem Ressourcenschutz verpflichtet. Wenngleich früherer die Untersuchungen und Routineanalytik mehr unter dem Gesichtspunkt einer Produktivitätssteigerung gesehen wurden, so bleibt festzuhalten, dass Analytik und Forschung der Anstalten sowohl der Ernährungssicherung als auch der Nahrungssicherheit und dem Ressourcenschutz dienen. Eine Dualität zwischen "Produktivität" einerseits und "Umweltschutz" andererseits, die in oft emotional geführten Diskussionen gesehen wird, entspricht sicher nicht mehr unserer heutigen Auffassung landwirtschaftlicher Produktion. Ziel ist generell, Belastungen auf das "unvermeidbare Maß" zurückzuführen bzw. auf einem solchen Niveau zu halten. Über den Grad unvermeidbarer Belastungen (z.B. N-Verluste) kann kontrovers diskutiert werden, und technologische Fortschritte und Erkenntnisgewinne durch Forschung werden dazu verhelfen, die als unvermeidbar angesehenen Grenzen ggf. weiter zu verschieben. Die Mitglieder des VDLUFA sind jedenfalls den Zielen verpflichtet, „gute fachliche Praxis“ sicherzustellen und die Grenzen „unvermeidbarer“ Belastungen zu erfassen.

Unter diesen Gesichtspunkten sind die inzwischen vom VDLUFA eingeführten Qualitätssicherungssysteme: QLA, NIRS, USL zu sehen. Diese Systeme unterliegen natürlich einer Entwicklung, und diese Entwicklung muss auch laufend den aktuellen Erkenntnisständen angepasst werden. Während die Tagung in Hohenheim seinerzeit das Gesamtkonzept umriss, soll die aktuelle Plenarsitzung dazu dienen, drei Aspekte detaillierter vorzustellen, die in den VDLUFA-Systemen zumindest teilweise berücksichtigt sind, dienen also u.a. der Standortbestimmung der VDLUFA Qualitätssicherung. Art und Umfang der Plenarsitzung erlauben unmöglich, alle Aspekte detailliert zu behandeln, so dass dieses Jahr die Information auf die Bereiche Bodenchemie, Bodenphysik und Hygiene fokussiert wird. Diesen Bereichen

¹ Institut für Pflanzenernährung, Universität Bonn, eMail: h.goldbach@uni-bonn.de

soll der aktuelle Stand der Qualitätssicherungssysteme im VDFLUFA gegenüber gestellt und die weitere Entwicklung in einer Plenardiskussion angesprochen werden.

Umweltwirkungen der Landwirtschaft: Minimierung der Belastungen aus bodenchemischer Sicht

Kaupenjohann, M.¹

Wenn Umweltwirkungen aus bodenchemischer Sicht beurteilt werden sollen, dann rückt zwangsläufig die Bodenlösung in das Zentrum. Aus ihr ernähren sich Pflanzen, in und von ihr leben Bodenorganismen und sie selbst bewegt sich zum Grundwasser hin oder dräniert in Bäche und Flüsse. Über die Bodenlösung sind also die landwirtschaftlich genutzten Böden verbunden mit der Hydrosphäre und aquatischen Ökosystemen.

Zentrale Fragen im Vortrag sind daher: (1) Was wissen wir heute über die chemische Zusammensetzung der Bodenlösung und deren Steuermechanismen? (2) Wie beeinflusst die landwirtschaftliche Bodennutzung die Bodenlösung und kommt es dadurch zu Belastungen? (3) Welche Möglichkeiten haben wir, bestehende Belastungen zu verringern bzw. erwarteten Belastungen vorzubeugen?

Redoxpotenzial und pH-Wert sind die entscheidenden Steuergrößen (und Indikatoren) des chemischen Zustands der Bodenlösung. Neben den Gesamtgehalten bestimmen sie auch die chemische Speziation der Nähr- und Schadstoffe. Darüber liegen umfangreiche Erfahrungen vor und wir sind heute in der Lage, analytisch und mit Modellen, diese Zusammenhänge abzubilden. Relativ neu und wesentlich weniger erforscht ist die Erkenntnis, dass in der Bodenlösung auch an Kolloide gebundene Stoffe mobil sind und daher berücksichtigt werden müssen, wenn die Belastung von Böden aus chemischer Sicht beurteilt werden soll. Kolloide sind in der Lage, stark sorbierende organische Schadstoffe oder Schwermetalle zu transportieren. Aber auch fest an den Boden bindende Nährstoffe - z.B. Phosphate - können u.U. über kolloidalen Transport verstärkt in die Dränagen und so in die Gewässer gelangen.

Die landwirtschaftliche Bodennutzung greift direkt durch die Applikation von Düngern und Pflanzenschutzmitteln in die chemische Zusammensetzung der Bodenlösung ein. Nach einem drastischen Anstieg der je Flächeneinheit in Deutschland eingesetzten Düngermengen bis etwa Ende 1970 sind seither rückläufige Trends zumindest bei N und P festzustellen. Dennoch hat die Landwirtschaft mittlerweile den größten Anteil an den P-Einträgen in Oberflächengewässer. Düngung und Pflanzenschutz tragen darüber hinaus auch Schadstoffe in Böden ein. Seit langem wird diese Problematik bei Klärschlamm diskutiert. Neuerdings rücken aber auch Wirtschaftsdünger aufgrund ihrer z.T. sehr hohen Schwermetallgehalte in das Blickfeld. In diesem Zusammenhang werden auch Rückstände von Arzneimitteln und endokrin wirksamen Substanzen kritisch gesehen.

Am Beispiel der P-Dynamik in einem landwirtschaftlich genutzten Wasserschutzgebiet wird verdeutlicht, dass eine echte Prognose der Umwelteffekte von Überdüngung oder Schadstoffeintrag nur schwer, wenn überhaupt möglich ist. Wenn es um Strategien zur Minimierung von Belastungen geht, führt diese auch aus systemtheoretischer Sicht entwickelte Perspektive in der Konsequenz zur Ablehnung des Konzepts „Belastbarkeit“ zugunsten von „Eintragsminimierung“. Da die Umweltwirkungen in der Lebenswelt nach dieser Sicht nicht mehr kausal zu Verursachern zurückverfolgbar sind, können die von den Umweltwissenschaften aufgedeckten allgemeingültigen Umweltwirkungen nur als Sachargumente in den

¹ Institut für Ökologie und Biologie, FG Bodenkunde, Technische Universität Berlin,
eMail: Martin.Kaupenjohann@tu-berlin.de

partizipativen Diskurs um Lösungsstrategien eingebracht werden. Dabei wird für die Frage, welche Probleme prioritär behandelt werden sollten vorgeschlagen, die Wirksamkeit von Stoffen besonders zu berücksichtigen. Diese kann anhand der Kriterien Scale, Scope und Bilanz beurteilt werden.

Umweltwirkungen der Landwirtschaft: Minimierung der Belastungen aus bodenphysikalischer Sicht

Sommer, C. und Lebert, M.¹

Negative Folgen physikalischer Bodenbelastung in der Landwirtschaft sind die Bodenschadverdichtung und die Bodenerosion (Tab. 1). Diesen ist in Anlehnung § 17 des Bundesbodenschutzgesetzes durch Einhaltung von Grundsätzen zur guten fachlichen Praxis vorzubeugen, um das Risiko von Schäden auf ein Mindestmaß zu beschränken. Die Grundsätze zur guten fachlichen Praxis wurden von Vertretern der landwirtschaftlichen Forschung und Beratung durch Handlungsempfehlungen konkretisiert (KTBL, 1998; BMVEL, 2001). Die Handlungsempfehlungen zur Vorbeugung von Bodenschadverdichtungen wurden in einen 4-Bausteine-Konzept zum bodenschonenden Befahren zusammengefasst (Sommer, 1998).

Eine standortangepasste, betriebsspezifische Verknüpfung der vier Bausteine "Weiterentwicklung technischer Möglichkeiten", "Anpassung von Arbeitsverfahren", "Verbesserung der Befahrbarkeit" und "Reduzierung von Bodendruck" lässt den bodenschonenden Einsatz heutiger Landtechnik realisieren. Zur Verminderung der Bodenbelastungen durch Erosionsprozesse richten sich die Handlungsempfehlungen schwerpunktmäßig auf die standortangepasste, fruchtfolgespezifische Bodenbedeckung. Konservierende Bodenbearbeitung/Mulchsaat vermindert den Abtrag durch Wasser und Wind und stabilisiert darüber hinaus das Bodengefüge.

Tabelle 1: Physikalische Bodenbelastungen, deren Folgen und Strategien zu deren Minimierung

Physikalische Bodenbelastung	mögliche negative Folgen
Maschineneinsatz bei feuchten Bodenbedingungen	Bodenschadverdichtung
Hohe Regenintensität, Oberflächenabfluss	Bodenabtrag durch Wasser
Windeinwirkung	Bodenabtrag durch Wind

¹ Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL, Braunschweig, eMail: claus.sommer@fal.de

Tabelle 1: Physikalische Bodenbelastungen, deren Folgen und Strategien zu deren Minimierung (Forts.)

Strategien zur Minimierung in Anlehnung an das Bundesbodenschutzgesetz	
Vorsorge (§ 17)	Gefahrenabwehr (§§ 4, 8)
Bodenschonendes Befahren (-Bausteine-Konzept)	aktuell keine Regularien; Vorschläge für Prüfwerkonzept zur Gefährdungseinstufung
Konservierende Bodenbearbeitung; möglichst hoher Bodenbedeckungsgrad	Anordnung konkreter Maßnahmen auf Verdachtsflächen nach § 8 BBodSchV
	aktuell keine Regularien

Für den Fall, dass Schäden am Bodengefüge nicht durch Vorsorge verhindert werden, sieht das Bundesbodenschutzgesetz Maßnahmen zur Gefahrenabwehr vor, die bei Vorliegen einer entsprechenden Rechtsverordnung auch behördlich angeordnet werden können. Solche Regelungen wurden bisher nur für die Wassererosion in die Bundesbodenschutzverordnung aufgenommen (§ 8). Beim Vorliegen konkreter Anhaltspunkte für wiederkehrende Erosionsschäden können Maßnahmen angeordnet werden, die im Einzelnen mit den Landwirtschaftsbehörden abzustimmen sind. Regularien für die Gefahrenabwehr von Schadverdichtungen gibt es derzeit nicht. Um so wichtiger sind Entscheidungshilfen für Politik und Praxis, die potenzielle und aktuelle Gefährdungen berücksichtigen. Dazu gehören u. a. verfahrenstechnische Weiterentwicklungen und ein Vorschlag auf EU-Ebene, der Vorsorgebemühungen mittels eines Prüfwerkonzeptes zur Gefährdungseinstufung unterstützt (Chamen et al., 2002).

Literatur

- BMVEL (2001): Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.): Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion.
- Chamen, T., L. Alakukku, S. Pires, C. Sommer, G. Spoor, F. Tijink und P. Weißkopf (2001): Equipment and field practices to avoid subsoil compaction (in press).
- KTBL (1998): Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hrsg.): Bodenbearbeitung und Bodenschutz – Schlussfolgerungen für gute fachliche Praxis. – Arbeitspapier 266.
- Sommer, C. (1998): Ein Konzept zur Vorbeugung von Bodenschadverdichtungen in der pflanzlichen Produktion. – Bodenschutz 1, 12-16.

Die Qualitätssicherungssysteme des VDLUFA

Potthast, V.¹

Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit der Landwirtschaft werden gegenwärtig sehr kontrovers diskutiert. Das führt zu erheblichen Missverständnissen und Konflikten, verunsichert die Öffentlichkeit ebenso wie die Landwirte und begünstigt reglementierende Eingriffe. Die Qualitätssicherungssysteme des VDLUFA haben daher zum Ziel, zwangsläufig durch landwirtschaftliche Nutzung gegebene Beeinflussung von Böden, Wasser, Luft und der belebten Natur durch landwirtschaftliche Tätigkeit zu minimieren. Unter diesem Aspekt sind objektiv messbare und nachprüfbar bewertungsmaßstäbe für die Umweltverträglichkeit landwirtschaftlicher Betriebe und in der Landwirtschaft verwendeter Produkte anzulegen und weiter zu entwickeln.

Das VDLUFA – System beinhaltet Qualitätssicherung in drei verschiedenen Bereichen:

- das "Umweltsicherungssystem Landwirtschaft" (USL)
- die Kalibrierung von NIRS/NIT-Geräten (NIRS)
- die Qualitätssicherung Landbauliche Abfallverwertung (QLA)

USL liegt das Prüfverfahren KUL zugrunde, das mit Hilfe von 17 Kriterien das Ausmaß aller wesentlichen Einflüsse, die bewirtschaftungsbedingt zu Belastungen führen können, erfasst. Die Skalierung und Bewertung erfolgt anhand festgelegter Toleranzbereiche und ist darauf gerichtet, unvermeidliche Einwirkungen auf die Umwelt von vermeidbaren Umweltbelastungen zu trennen. Damit werden der Landwirtschaft nachvollziehbare Rahmenbedingungen an die Hand gegeben, die einerseits nicht überschritten werden sollten, innerhalb derer sich aber andererseits - dem Nachhaltigkeitsprinzip entsprechend - eine wirtschaftliche Entwicklung vollziehen kann.

NIRS/NIT- Geräte sind in der Untersuchung landwirtschaftlicher Produkte weitverbreitet. Die hierfür nötigen Kalibrierungen müssen in der Regel jährlich validiert werden, um ihre Verlässlichkeit zu dokumentieren. Der VDLUFA bietet den Nutzern von NIRS/NIT-Geräten diese Dienstleistung als kompetenter, unabhängiger Partner an. Eine externe Kontrolle durch das Qualitätssicherungssystem des VDLUFA ist damit eine solide Basis für das Vertrauen in die erzielten Analysenergebnisse.

QLA widmet sich einem Aspekt, der sowohl beim Endverbraucher, in der Politik wie auch beim Landwirt am meisten kontrovers diskutiert wird. Die Qualitätssicherung beinhaltet erstmals alle Schritte von der Erfassung der Eigenschaften geeigneter Rest- und Abfallstoffe (Ausgangsmaterialien) über die aufbereiteten Produkte bis hin zur landbaulichen Verwertung. Ziel ist eine lückenlose Qualitätssicherung von den Ausgangsmaterialien bis zur landbaulichen Verwertung von Abfällen. Im Vordergrund steht das Ziel eines nachhaltigen Bodenschutzes. Dazu soll eine Verbesserung der Qualität über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinaus erreicht werden. Das

¹ LK Rheinland, Untersuchungszentrum Bonn-Roleber, Bonn, eMail: Volker.Potthast@lwk-rheinland.nrw.de

System fördert damit die Verbesserung der gesellschaftlichen Akzeptanz der landbaulichen Verwertung von Abfällen, die ja eigentlich (sinnvoller Weise) im Kreislaufwirtschaftsgesetz Priorität besitzt vor der Entsorgung.

Die Stellung des VDLUFA und seiner Qualitätssicherungssysteme soll auch im Vergleich mit aktuellen politischen Diskussionen näher erörtert werden.

Stoffflüsse in landwirtschaftlichen Betrieben mit und ohne Tierhaltung (Integriert u. ökologisch geführte Betriebe, Nährstoffsalden zur Bewertung von Effizienz u. Umweltverträglichkeit)

Tolerierbare und unvermeidbare Emissionen bzw. Verluste an C, N, P (und S) vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Tier-, Pflanzen- und Humanernährung

Isermann, Klaus (Hanhofen)¹; Isermann, Renate

EINLEITUNG

Der Ernährungsbereich mit seinen 7 Akteuren Produktion (*Landwirtschaft*), Verarbeitung (*Nahrungs- und Futtermittel-Industrie*), Konsumtion (*Haushalte, Landwirtschaft*), Vertrieb (*Handel*) und Entsorgung (*Abwasser- und Abfallwirtschaft*) insbesondere von tierischen Nahrungsmitteln und Futtermitteln ist zwar sektoral in unterschiedlichen Ausmaßen und insbesondere gesamthaft bedeutsamer Mitverursacher der Emissionen bzw. Verluste an reaktiven Verbindungen der Nährstoffe C [CH_4 , CO, CO_2 bzw. Energieverluste, NMVOC, gelöster (DOC) und partikulärer organischer C], N [NH_3 , NO, N_2O , NO_3^- , gelöster (DON) und partikulärer N], P [$\text{H}_2\text{PO}_4^{X-}$, org. P, gelöster organischer (DOP) und partikulärer P] und S [H_2S , SO_4^{2-}] und somit an den „neuartigen“ Umweltschäden wie Versauerung, Eutrophierung, Klimawandel sowie Verarmung bzw. Vernichtung der Biosphäre (Flora und Fauna). Gemessen an den entsprechenden kritischen Eintragsraten und –konzentrationen der Entsorgungsressourcen der naturnahen Ökosysteme konnte die (Ernährungs-, Agrar-, Energie- und Umwelt-) *Politik* wegen ihrer nichtnachhaltigen Gesetzgebung und ihres dementsprechenden Vollzuges (Kontrolle) diesen Umweltschäden nicht hinreichend mit der Einhaltung entsprechender **tolerierbarer Emissionen** begegnen (Isermann und Isermann 2000), da die Maximierung oder bestenfalls die mit bester verfügbarer Technik (BVT) nur ökonomisch optimierte Produktion und Konsumtion von Nahrungsmitteln mit entsprechenden „**unvermeidbaren Verlusten**“ im Vordergrund sind (Gutser et al. 1997-2002). Wirtschaftlich bedeutsam und im Sinne der Schonung der Versorgungsressourcen minimierungs- bzw. recyclingbedürftig sind diese Verluste beim N und C [Reproduzierbare organische Substanz (ROS) sowie (fossile) Energie] und der Abwasser- und Abfallwirtschaft beim N, C und P [→ Sekundärrohstoffdünger wie Klärschlamm und Biokompost (Posterbeitrag 68 hier: Isermann R. und K. Isermann)]. Ziel muss es sein, durch nachhaltige Wirtschaftsweisen der o.e. 7 Akteure und eine ebensolche **Pflanzen-, Tier- und Humanernährung** diese sog. „unvermeidbaren“ Verluste bzw. Emissionen den entsprechenden tolerierbaren Emissionen anzugleichen (Isermann und Isermann 1995). Nur sektorale Betrachtungsweisen bei nur 1 dieser o.e. 7 Akteure (z.B. nur Landwirtschaft) sind hierbei hingegen nicht zielführend. Vor diesem Hintergrund werden nachfolgend die aktuellen Emissionen an C, N, P (und S) des gesamten Ernährungsbereiches den entsprechenden tolerierbaren Emissionen gegenübergestellt und am Beispiel der N-Emissionen der Landwirtschaft auch betriebsspezifisch betrachtet.

¹ eMail: isermann.bnla@t-online.de

ERGEBNISSE, DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

1. Ernährungsbereich

1.1 Die Ausgangssituationen (1985/2000) und Anforderungen (bis 2015) an die Einzelkomponenten zur nachhaltigen Entwicklung des Ökosystems „Ernährung“ in Deutschland sind in Tab. 1 dargestellt. - Vornehmlich durch Minderung der Tierbestände in den NBL um ca. – 60% sind in der **Landwirtschaft** seit 1990 nur die Emissionen an NH_3 um –23 und CH_4 um –23% zurückgegangen. Gemessen an den kritischen Eintragsraten und –Konzentrationen der naturnahen Ökosysteme bedürfen die gegenwärtigen (1985/99) Emissionen an reaktiven Verbindungen bis 2015 einer Reduktion von –68 (NO) bis –90% (NO_3^- -Grundwasser bzw. Gesamt-N Oberflächengewässer), sind dementsprechend also um das 3 bis 10fache zu hoch. Dies gilt auch für die Landwirtschaft der EU (15) (Isermann 2002b). Wird ferner die Vergeudung von P weiter wie bisher betrieben, so geht dieser zudem in ca. 30 (Cd armes P) bzw. 100 (Cd reiches P) Jahren zur Neige (Ressourcenplünderung). Die o.e. Emissionen verursachen eine jährliche Netto-Schadensschöpfung von 79 Mrd. DM, welche mit der Netto-Schadensschöpfung der Humanernährung durch überernährungs- (mit-)bedingte Gesundheitsschäden (ABL (1993): 460 000 ernährungsbedingte Todesfälle) von 86 Mrd. DM insgesamt eine Nettoschadensschöpfung des Bereiches Ernährung von ca. 165 Mrd. DM ergibt (ohne Abwasser- und Abfallwirtschaft) (Siehe hierzu auch: van der Ploeg 2002). Zudem ist der N- und P-Zulauf in die Kläranlagen durch zu hohen (tierischen) Eiweißkonsum zu ca. 20% überhöht. Überzeugend sind hingegen die N- und P-Elimination der Abwasserwirtschaft (1985/95) von –33 bzw. –80%, welche noch auf –80 bzw. –90% erhöht werden kann. Wie die

1.2 N-Bilanz des Ernährungsbereiches von Deutschland (1995/1998) in Abb. 1 verdeutlicht, sind diese volkswirtschaftlich sehr großen jährlichen Schäden des Ernährungsbereiches das Ergebnis exhaustiver Wirtschafts- und Lebensweisen in Deutschland [und in der EU (12) bzw. (15), Isermann 2002b] auf ca. 50% zu hohem Niveau mit einem N-Recyclinganteil über Klärschlamm von nur 1% und entsprechend N-Emissionen in Höhe von 99% des N-Inputs der Landwirtschaft, wobei ca. 80% der N-Emissionen auf die Landwirtschaft entfallen (Isermann 2002b).

1.3 Die politischen Forderungen zur Minderung dieser Emissionen, erläutert z.B. an den NH_3 -Emissionen der Tierhaltung der Landwirtschaft von Deutschland im Zeitraum 1990-2010/2015 von Tab. 2 sind mit –28% (UN/ECE 1999) gemessen am Notwendigen von –76% viel zu gering. Dies trifft auch für die Reduktion der klimarelevanten Gase (CO_2 , CH_4 , N_2O) durch das Kyoto-Protokoll (1997) bis 2008/2012 für Deutschland von –21% zu, gemessen am notwendigen Ausmaß von –80% bis 2015 (IPCC), oder für die Halbierung der N- und P-Einträge in die Gewässer von –50% im Zeitraum 1985 bis 1995 aufgrund internationaler Abkommen (EU), gemessen am notwendigen Ausmaß von jeweils –90%.

1.4 Gesamthaft vermittelt Tab. 3 die aktuelle Situation (1998/99) und die maximal tolerierbare Soll-Situation (2015) der Emissionen an gasförmiger reaktiver Verbindungen des Stickstoffs (N) von Deutschland unter besonderer Berücksichtigung der Landwirtschaft. Aktuell (1998/99) betragen diese mit Anteilen der Landwirtschaft für $\text{NH}_3\text{-N}$, NO-N und $\text{N}_2\text{O-N}$ von 96, 11 bzw. 70 und gesamthaft von 57% jeweils 38,1 bzw. 9,7 bzw.

8,9 bzw. gesamthaft 50,7 kg N/ha LF^a bei Sollwerten (2015) von 4,8 bzw. 0,5 bzw. 0,8 bzw. gesamthaft von 6,1 kg N/ha LF^a.

2. Betriebsspezifische Betrachtungen

2.1 Durchschnittliche, „unvermeidbare“ und maximal tolerierbare N-Emissionen sowie N-Überschußsalden von repräsentativen Marktfrucht-, Futterbau- und Veredelungsbetrieben in Deutschland gehen aus der Tab. 4 hervor.

Marktfruchtbetriebe, welche Inlandsfuttermittel produzieren, müssen mit den Veredelungsbetrieben gemeinsam bilanziert werden, ebenso Betriebe im Ausland, welche solche Veredelungsbetriebe mit Importfuttermittel beliefern (Rucksackemissionen, z.B. Umweltproblem beim Soja-Anbau in Brasilien zum Export nach Deutschland). Unter diesem Aspekt haben Marktfruchtbetriebe nur Existenzberechtigung, wenn ihr Verkaufsprodukt den Endverbraucher erreicht, und reine Veredelungsbetriebe ohne wesentliche eigene Futterversorgung haben keine Existenzberechtigung mehr. Somit werden die nicht tragfähigen Veredelungsbetriebe mit > 1 GV/ha (versorgbarer) LF mit einem gegenwärtigen (2000) Anteil von 56% aller zu 80% viehhaltenden Betriebe vermieden und alle nun zu 90% viehhaltenden Betriebe weisen einen Viehbesatz von ? 1 GV/ha (versorgbarer) LF auf. Damit nähert sich das betriebsspezifische dem durchschnittlichen (tolerierbaren) N-Saldo an und die von Gutser et al. (1997-2002) bezeichneten „unvermeidbaren“ Emissionen und Nährstoff-Überschußsalden werden auf der Grundlage von national in Deutschland 8,2 Mio. GV = 0,51 GV/ha LF = 0,1 GV/E anstelle von gegenwärtig (2000) 14,3 Mio. GV = 0,88 GV/LF = 0,17 GV/E unter der Voraussetzung von Außenhandelsschutz gegen Importe und preiswerter statt billiger Agrarprodukte zu mehr als 50% vermeidbar und nahezu tolerierbar bei viel gesünderer Ernährung als zuvor.

2.2 Böden im Scheingleichgewicht hinsichtlich N und C: Die optimale (umsetzbare) organische Bodensubstanz (OBS)

Das bei Gutser et al. (1997-2002) wie auch in **Tab. 4** unterstellte N- (und C-) „Gleichgewicht“ der Böden stellt sich unter gleichen Bedingungen erst nach ca. 80 Jahren ein, waren selbst in „statischen“ Dauerversuchen z.B. mit Zunahme der atmosphärischen N-Einträge um das Jahr 1900 von 5 auf heute bis zu 65 kg N/ha LF^a (Bad Lauchstädt) und schon gar nicht unter Praxisbedingungen gegeben mit wechselnder Netto-Immobilisierung und – Mineralisation von Boden-N und C. Doch erhebt sich die Forderung und für die (optimale) Nährstoffbilanz unabdingbar ist die Ausweisung optimaler Humuszustände und somit auch optimaler umsetzbarer organischer Bodensubstanz mit entsprechenden optimalen Zuständen von N und C (Isermann 2002a). Diese sind zunächst für die genannten Ackerböden und Klimabedingungen Europas in **Tab.5** ausgewiesen und richtungsweisend für die optimale N- und C-Haushalte nachhaltig nutzbarer Böden wiederum auf der Grundlage eines maximal tolerierbaren Viehbesatzes von 1 GV/ha versorgbarer LF.

3. Lösungsansätze

Nicht die Landwirtschaft oder der Landwirt bzw. die Haushalte oder der Verbraucher stehen einer nachhaltigen Entwicklung des Ernährungsbereiches entgegen, sondern -wie einleitend bereits angedeutet- die (inter-)nationale nichtnachhaltigen Politik mit

ihrer dementsprechenden Gesetzgebung und ihrer Kontrolle (Isermann und Isermann 2000). Diese wird sogar hier vom Verursacherbereich (z.B. Landwirtschaft) weitgehend selbst (mit-)gestaltet (z.B. Düngeverordnung 1996, § 17 Bundesbodenschutzgesetz 1998) ohne (maßgebliche) Mitwirkung der Betroffenen. Zudem bewirken die Anwendung des Verdeckungsprinzips bei Gesetzesinitiativen insbesondere der Landwirtschaft bei der Kennzeichnung, Ermittlung und Kontrolle qualitativ unzureichender oder sogar bedenklicher Futtermittel und Nahrungsmittel (z.B. bei BSE, Herbizid Nitrofen, Wachstumshormon (Abfallprodukt) MPA etc.) gefährden des weiteren Umwelt, Mitwelt und Nachwelt. In gleicher Weise wirken die Weiterreichung dieses Verdeckungsprinzips nach dem von der Arbeitsgruppe Agrarumweltpolitik in Schwäbisch-Haller Agrar-Kolloquium der Robert Bosch Stiftung (2000) für Problemlösungen vorgeschlagenen Subsidiaritätsprinzip „von unten (Interessenverbände) nach oben (Regierung)“ und zugleich die Korruption (Deutschland 2000 mit Index 7,3 an 18. Stelle von weltweit 102 Ländern und z.B. weit vor Rumänien mit Index 2,8; Quelle: Transparency International 2002) „von oben nach unten“. Hierzu zählen auch eigenmächtige rechtswidrige Auslegungen bestehender Gesetze, z.B. wie bei der Düngeverordnung (1996) durch die betreffenden Verbände und Regierungsstellen der Landwirtschaft und demzufolge der auch von BNLA (2000) angeregten Klage und Verurteilung durch den EuGH (14.03.2002) zur Kostenübernahme leider nicht etwa der schuldigen Personen, sondern weiterreichend an den Steuerzahler von Deutschland. Dementsprechend lautet das Konzept des Bundeskanzleramtes (23.01.01) in Punkt 10: „Die kriminelle Energie, die sich im Agrarsektor breit gemacht hat, verlangt eine Remedur (Abstellung der Missstände)“ bzw. erfordert ein weitreichendes Verbraucherinformationsgesetz.

Diese bisherigen ökonomischen, ökologischen, sozialen aber auch ethischen Missstände nicht nur im Ernährungsbereich lassen sich bis spätestens 2015 nur dann zugleich hinreichend und ursachenorientiert beheben, wenn Abstand nehmen von „produktionsoptimierter“ Landwirtschaft und statt dessen durch weitreichende strukturelle und System-Veränderungen mit entsprechenden Besteuerungen (Verbrauchersteuer, Nährstoff-Überschusslenkungsabgaben etc.) die vermeidbare Konsumtion und Produktion insbesondere von tierischen Nahrungs- und Futtermitteln (Suffizienzprinzip der Nachhaltigkeit) zur Grundlage vermeidbarer Emissionen bzw. Verluste an reaktiven Verbindungen des C, N, P (und S) gemacht werden und zudem die beste verfügbare Technik (BVT) hilfreich flankierend wirksam wird (Isermann u. Isermann 1995, 2000, 2002, Isermann 2000b, Schweigert und van der Ploeg 2002).

Auf dieser nachhaltigen Basis definieren sich auch die **unvermeidbaren Nährstoff-Überschußsalden und die dementsprechenden Emissionen und Verluste** an (reaktiven) C-,N-,P- und S-Verbindungen des Ernährungsbereiches zunächst auf nationaler (regionaler) und sodann darauf abgestimmt auch auf betriebsspezifischer Sicht primär der Verbraucher (Haushalte) und nachgeordnet der Produzenten (Landwirte), Verarbeiter (Futter- und Nahrungsmittel-Industrie) und Handel als solche, **die sich ergeben bei bedarfsorientierter (optimierter) – und wenn es notwendig ist, auch bei bedarfsgerechter- Ernährung der einheimischen Bevölkerung und hierbei zugleich flankierend beste verfügbare Technik (BVT) hilfreich zum Einsatz kommt.** Obwohl für letztere nur ein geringer Anteil benötigt wird, stehen hierfür in Deutschland jährlich 165 Mrd. DM (= 85 Mrd. €) in Höhe der bisherigen Nettoschadensschöpfung des Ernährungsbereiches zur Verfügung. Schon die zu 60% übergewichtige Bevölkerung Deutschlands mit jährlich 461 000 ernährungsbedingten Todesfällen und dementsprechende jährlichen Krankheitskosten von 130 Mrd. DM (= 60 Mrd. €) (van der Ploeg 2002) bieten hierfür genügend Handhabe. Überschreiten diese unvermeidbaren Überschussalden bzw.

dementsprechenden Emissionen dann immer noch das tolerierbare Ausmaß, bleibt nur noch als Konsequenz eine hinreichende Umsiedlung der Einwohner in tragfähigere Gebiete, was jedoch nicht für diese Region grenzüberschreitende oder gar für klimarelevante Gase ein folgeorientierter Lösungsansatz sein kann. Wird die nachhaltige Entwicklung nicht nur im Ernährungsbereich, sondern in allen Lebensbereichen nicht hinreichend vollzogen, wird– wie von BNLA vorhergesagt (Isermann und Isermann 2000, sowie „nicht nach uns, sondern mit uns die Sintflut“)— die Natur durch Rückkopplungsprozesse und dementsprechendem ökologischem sowie sozialem und deshalb auch ökonomischem Kollaps der Umwelt, Mitwelt und Nachwelt diese auf schmerzhaft Weise bewirken, wie dies sich nur andeutungsweise z.B. bei der sog. „Jahrhundertflut“ (Nur 2% des Jahrhunderts sind erst verstrichen) von Elbe und Donau mit allen dadurch verursachten (Mehr-)Emissionen auch an reaktiven Verbindungen des C, N, P (und S) gezeigt hat. Auch deshalb ist BNLA bestrebt, u.a. die o.e. Prognosen und Szenarien in das EU-Donau- Projekt „Nutrient Management in the Danube Basin and its Impact on the Black Sea (01/2001-01/2005) einzubringen, damit u.a. auch dadurch die Grundlagen für eine nachhaltige Entwicklung im Ernährungsbereich des Donaueinzugsgebietes gegeben sind.

LITERATUR

BMVEL (2002): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der

Bundesrepublik Deutschland 2001. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 538 S.

Gutser, R. (1997); Zur Problematik von Stickstoffbilanzen. DLG-Arbeitsunterlagen des DLG-Kolloquiums am 3. Dez. 1997 in Kassel, 27-45

Gutser, R. und Th. Ebertseder (2001): Unvermeidbare Nährstoffverluste in der Landwirtschaft. Tagungsband „Düngung: Baustein nachhaltiger Landwirtschaft“ 24./25 April 2001 in Würzburg, 95-114

Gutser, R. und Th. Ebertseder (2002): Definieren die Grundsätze der Düngeverordnung eine gute fachliche Düngepraxis ausreichend korrekt? Persönlich übermitteltes Referat anlässlich der DLG-Wintertagung 2002 in Berlin, 6 S.

Gutser, R. und U. Matthes (2001): Gute fachliche Praxis der Düngung aus Sicht der Ökonomie und Ökologie. KTBL-Schrift 400, 91-102

Isermann, K. (2002a): Optimierung der organischen Bodensubstanz . Umwelt und Region – Selbstverlag Sonderforschungsbereich 522 der Universität Trier, 445-450

Isermann, K. (2002b): Die Stickstoff-Flüsse im Ernährungsbereich von Deutschland unter besonderer Berücksichtigung der Landwirtschaft KTBL-Schrift 406, 28-47

Isermann, K. und R. Isermann (1995): Tolerierbare Emissionen des Stickstoffs einer nachhaltigen Landwirtschaft, ausgerichtet an den kritischen Eintragsraten der naturnahen Ökosysteme. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 76, 547-550

Isermann, K. und R. Isermann (2000): Die (inter-)nationale nichtnachhaltige Agrar- und Umweltpolitik mit ihrer entsprechenden Gesetzgebung als Haupthindernisse auch eines nachhaltigen Gewässerschutzes im Verursacherbereich Landwirtschaft / Humanernährung hinsichtlich der Nährstoffe Stickstoff (N) und Phosphor (P)

Isermann, K. und R. Isermann (2001): Die Ernährungswende: Abwendung von der (Aus-)Nutzung von Konsumtions- und Produktionspotentialen und Hinwendung zum nachhaltigen vorsorgenden Verbraucher- und Erzeugerschutz. VDLUFA-Kongressband 2001/Berlin.

Isermann, K. und R. Isermann (2002): Ausgangssituationen, Prognosen und Szenarien der Emissionen von SO₂, NO, NH₃ und CO₂ in Deutschland vor dem

Hintergrund tolerierbarer Immissionen. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 98, 45-46

Ploeg, van der, R. (2002): Konservierende Boden Bearbeitung, Hochwasserschutz und eine zukünftige Agrarpolitik-Projektüberlegungen. Vortragsmanuskript DBU-Tagung-Dresden, 12. August 2002, 20S.

Schweigert, P. und R. van der Ploeg (2002): N-Effizienz der landwirtschaftlichen Produktion in der Bundesrepublik Deutschland (nach 1950: Fakten und Bewertung. Berichte über Landwirtschaft band 80/Heft 2, 185-212

UBA (Umweltbundesamt) (2001): Daten zur Umwelt. Der Zustand der Umwelt in Deutschland 2000. Erich Schmidt Verlag /Berlin, 392 S.

Tab. 1: Ausgangssituationen (1985/2000) und Anforderungen (bis 2015) an die Einzelkomponenten zur nachhaltigen Entwicklung des Ökosystems „Ernährung“ in

28

VDLUFA-SCHRIFTENREIHE 58

Deutschland																																		
Ökosystem und Teil-Anthroposphäre „Ernährung“																																		
Teilökosysteme / Wirtschaftsbereiche	A) Land(wirt)schaft: Pflanzen-und Tierernährung mit Futtermittelwirtschaft			B) Humanernährung mit Ernährungs- u. Hauswirtschaft		C) Kommunale Abwasser- und Abfallwirtschaft																												
Funktionen	Produktion mit Verarbeitung und Zubereitung (Futtermittel)			Konsumtion mit Verarbeitung und Zubereitung		Ent-und Versorgung mit Abfällen /Sekundärrohstoffen																												
Jeweilige Biomasse	Pflanzliche (Pflanzenproduktion) und tierische (Tierproduktion) Nahrungs- und Futtermittel			Pflanzliche und tierische Nahrungsmittel		Nahrungsmittel- Ausscheidungen und -Reste sowie Waschbestandteile																												
Einzelkomponenten der Nachhaltigkeit: =>Handlungsziele 1. Soziale Komponente =>Suffizienz	Produktion gemessen: 1. bereits an der übermäßigen aktuellen Konsumtion in Höhe der Nahrungsmittelpxporte und Futtermittelimporte zu hoch 2. primär aber am Bedarf der einheimischen Bevölkerung, insbesondere an tierischen Nahrungsmitteln um 43(-7bis 76)% [EU 15: 58(32-93)%] zu hoch: statt 0,88 GV/ha LF bzw. 0,17 GV/E (2000) nur 0,50 GV/ha LF bzw. 0,10 GV/E benötigt (2015) (Isermann u. Isermann 1999)			Konsumtion bes. an tierischen Nahrungsmitteln gemessen am Bedarf (=100) extrem zu hoch: Eiweiß: 176 (60% tierisch) Fett: 183 (60 % tierisch) Energie:168 (35% tierisch) Real:tierische Nahrungsmittel kein Bedarf (DGE `88/92/96/00) (Henze et al. `98; Isermann `99)		1.Überkapazitäten ca.30% (1996) (Abwasser:85%) =>Rückbau! 2. Abwasser(1985/1995) 2.1 Anschlußgrade (%) 82/89 => max.95 2.2 Elimination(%): a) N: 29/53/1998:62 => max. 75-80 b) P: 37/79==>max.90 (Behrendt et al.1999, ATV/DVWK 2002)																												
2. Ökonomische Komponente =>Subsistenz	1. „Netto“- Wertschöpfung: + 21 Mrd. DM/a (2000) (BMVEL 2001) 2. abzgl. Umweltschäden: -100 Mrd. DM/a (UPI 1995, Isermann u. Isermann 1999) 3. Netto-Schadensschöpfung: - 79 Mrd. DM/a			1. „Netto“-Wertschöpfung: +44 Mrd. DM (BMVEL 2001) 2. abzgl.Ernährungsschäden: -130 Mrd. DM/a (DGE 2000) 3. Netto-Schadensschöpfung: - 86 Mrd. DM/ a		1. Monopolist =>Kostendeckungs- prinzip 2. k. A. => ? 3. k. A. => ?																												
3. Ökologische Komponente => Konsistenz 1) UBA (2001); BMVEL/UBA(2001) 2) Behrendt et al. `99, Isermann u. Isermann (2000); 3) Isermann u. Isermann (1999, 2002) 4) Isermann u. Isermann (2000) 5) Isermann u. Isermann (1996/2000)	Emissionen jeweiliger Nährstoff-Formen:				Ernährungsbedingte Einwohnergleichwerte (EWG): Sind 1996 mit: a) 13,4 (11,0) g N/E . d b) 1,8 P /E .d gemessen an bedarfsorientierter Ernährung (z.B.von 1950/53) um ca. 20% zu hoch (Isermann u. Isermann 1999, Behrendt et al. 1999) =>N- und P-Zulauf (-Input)-Minimierung	1Emissionen		Nährstoffe																										
	Nährstoffe	Veränderungen	Anteile 1995/99 (%v. Ges.)	Notwend. Reduktion 1995/2015		Gewässer: a)Veränd.(%) 1985/95 b)Anteile1995 (% von Ges.) c)Notw. Red. `95/2015 (%)																												
							Zeit	(%)	-33	-80																								
											1. Kohlenstoff: a) CO ₂ ¹⁾ b) CH ₄ ^{1) 4)}	25	30																					
														2. Stickstoff: a) NO ₃ Grundwasser ²⁾ b) Ges. N Gewässer ²⁾	-82	-59																		
																	c) NH ₃ ³⁾ d) N ₂ O ^{3) 4)} e) NO ⁴⁾	85/`95	`95	85/`95	`95													
																						3. Phosphor: Ges.-P: Gewässer ²⁾	32	46	32	46								
																											85/95	57	25	46				
																															91/98	2	4	10
85/95																																		
N- u. P-Überschußsalden (kg N bzw.P/ha a): ⁵⁾ 1. N: Ist-1989:149;1991/92:146;1995:154/Soll 2015:45 → 33 2. P: Ist-1989:20;1990:17; 1995:12/Soll 2015:1					→ N- (und P-)Assimilation (2015) statt (De -)Nitrifikation: 17 statt 7 kg N/haLFa re0452																													

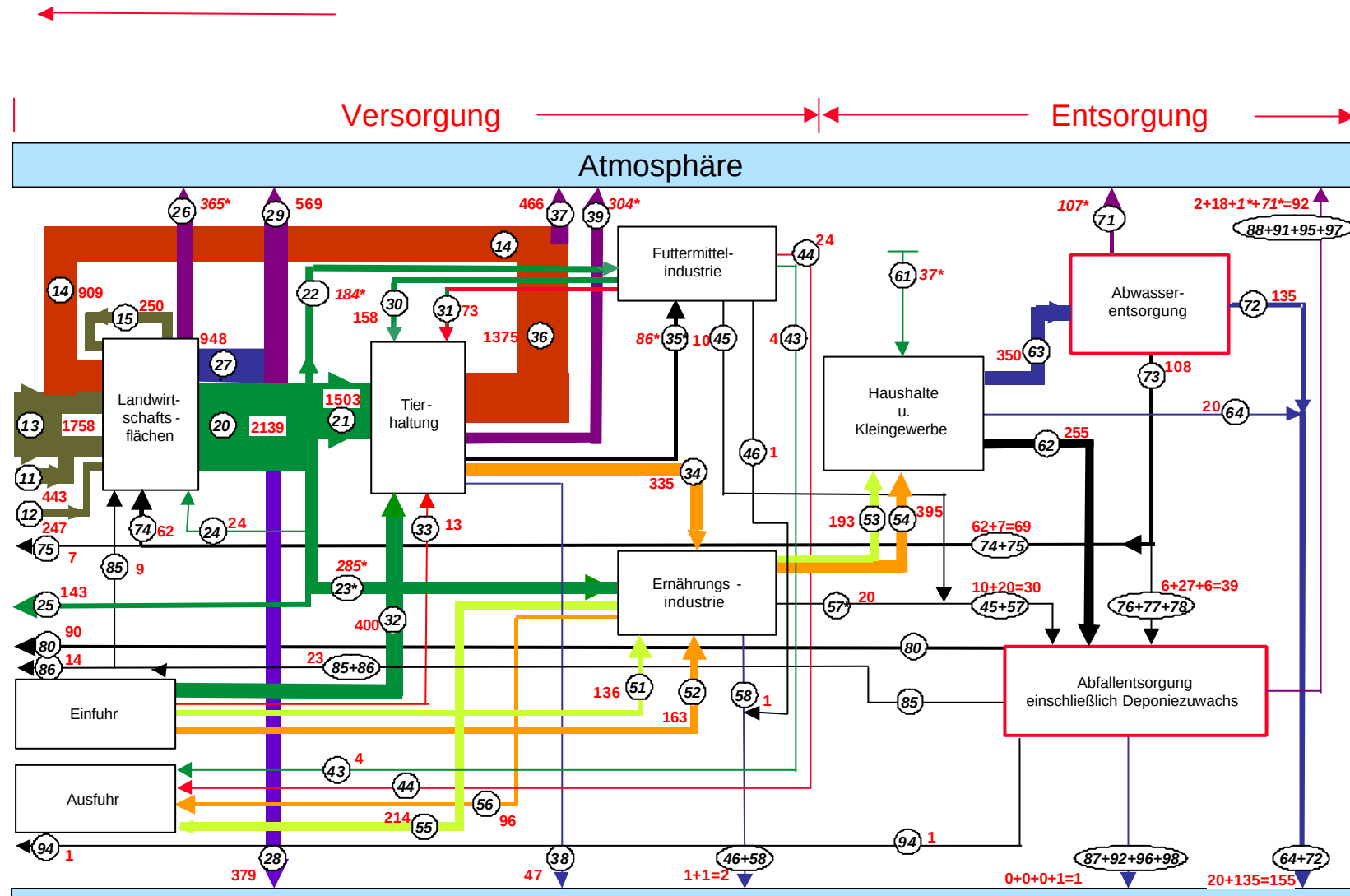


Abb. : Stickstoffbilanz in Deutschland in kt/a
 -Landwirtschaft-Futtermittel- und Ernährungs-mittelindustrie/-gewerbe,- Abwasser- und Abfallentsorgung-(Bezugsjahre 1995/1998)

Tab. 2 : Ist-Zustände, Prognosen, Szenarien sowie Soll-Zustände der NH₃-N-Emissionen der Tierhaltung der Landwirtschaft von Deutschland im Zeitraum 1990-2015 nach Berechnungen von UBA (2001), KTBL (2001) sowie BNLA (1999 und 2001)

Situationen	Tierbestände (ABL+NBL=D) (Mio GV)	NH ₃ -N-Emissionen in kt/a bzw. [kg/GV a]		
		Autoren		
		UBA (2001)	KTBL (2001)	BNLA (1999,2001)
1. Ist-Zustände:				
a) 1990	13,3+5,2=18,5	540 [29] (338)	506 [27] (316)	666 [36] (416)
b) 1992	12,6+2,8=15,4	455 [29] (284)	-	544 [36] (340)
c) 1994/96	12,3+2,8=15,1	441 [29] (276)	k. A.	[ATV:466 [31] (291)]
d) 1995/96	-	-	-	542 [36] (389)
e) 1999	14,6	426 [29] (266)	384 [26] (240)	527 [36] (329)
2. Prognosen:				
a) 2005	12,6+3,5=16,1	-	-	580 [36] (363)
b) 2015	14,3+5,2=19,5	-	-	625 [36] (390)
c) gering: verringerte	-	-	357 [-] (223)	-
d) stark: Tierbestände(2010)	-	-	345 [-] (216)	-
3. Szenarien:				
a) T 2000	-	-	380 [-] (238)	-
b) Szenario 1	-	-	353 [-] (220)	-
c) Szenario 2	-	-	338 [-] (211)	-
d) Szenario 3	-	-	321 [-] (200)	-
4. Sollzustände:				
4.1 von 1990 bis 2010:				
a) UN / ECE (1999) (-28 %)	-	389 [-] (243)	364 [-] (228)	480 [-] (300)
b) NEC-EU-Richtlinie (2000) (- 50 %)	-	270 [-] (169)	253 [-] (158)	333 [-] (208)
4.2 von 1990 bis 2015: Unterschreitung kritischer N-Eintragsraten¹⁾ (-76 %)	6,0+2,8=8,8	-	-	160 [18] [-] (100)

¹⁾ z.B.: maximal 10 kg N/ha a in Waldökosysteme jeweils zu 50% als NH₃- bzw. NO_x-N

Tab. 3 : Aktuelle Ist-Situation (1998/99) und maximal tolerierbare Soll-Situation (spätestens bis 2015) der Emissionen an gasförmigen reaktiven Verbindungen des Stickstoffs (N) von Deutschland unter besonderer Berücksichtigung der Landwirtschaft [UBA 2001, Isermann 2002)]

Emissionen an gasförmigen reaktiven Verbindungen des N								
N-Form	NH ₃ -N		NO-N		N ₂ O-N		NH ₃ -N + NO-N+N ₂ O-N	
Umweltschädigung	Eutrophierung Versauerung Treibhauseffekt		Eutrophierung Versauerung Treibhauseffekt		Treibhauseffekt Stratosphärischer Ozon-Abbau		Eutrophierung Versauerung Treibhauseffekt Ozon-Abbau	
Mengen	kt / a	kg/ha ¹⁾ GF · a	kt / a	kg/ha ¹⁾ GF · a	kt / a	kg/ha ¹⁾ GF · a	kt / a	kg / ha ¹⁾ GF · a
1. Ist-Situation (1998/1999)								
1.1 Gesamt	635 [100] (100)	17,8	567 [100] (100)	15,8	204 [100] (100)	5,7	1406 [100] (100)	39,3
1.2 ...davon: Landwirtschaft [kg N/ha LF ²⁾ ·a]	610 [100] (96)	17,0 [38,1]	60 [100] (11)	1,7 [3,7]	143 [100] (70)	4,0 [8,9]	813 [100] (57)	22,7 [50,7]
2. Soll-Situation (2015) → Handlungsziele	→ Durchschnittliche N-Deposition: 5kg NH ₃ -N+ 5kg NO _x -N =10kgN/ha GF · a			→ Tolerierbare Erderwärmung		Siehe nebenstehend		
2.1 Gesamt	180 [28] (100)	5,0	180 [32] (100)	5,0	41 [20] (100)	1,1	401 [29] (100)	11,2
2.2 ...davon: Landwirtschaft ²⁾ [kg N/ha LF ²⁾ ·a]	173 [28] (96)	4,8 [10,5]	19 [32] (11)	0,5 [1,2]	29 [20] (70)	0,8 [1,8]	221 [27] (57)	6,1 [13,5]

¹⁾ GF= Gesamtfläche von Deutschland: 35,7 Mio. ha; ²⁾ LF_{Netto} = 16,0 Mio. ha re0451

Tab.4:A) Durchschnittliches (Bach et al. 1997), B) „Unvermeidbares“ (Gutser 1997) und C) Maximal tolerierbares (Isermann u. Isermann 1997) N-Überschußsaldo von (repräsentativen) Marktfrucht-, Futterbau- und Veredelungs- (Haupterwerbs-)Betrieben in Deutschland (kg N/ha LF.a)

Jeweilige Situation	Marktfruchtbetriebe		Futterbaubetriebe		Veredelungsbetriebe
A) Durchschnittliche Ist-Situation in Deutschland (1995/96)(Bach et al. (1997)			Diese Bilanzierungsüberschüsse sind nicht tolerierbar: Weder ökonomisch u. ökologisch (Bach et al. 1997) noch sozial (Isermann u. Isermann 1995/98)		
N-Überschußsaldo (vgl. P):	19 (-9)		107 (5)		166(21)
B) „Unvermeidbare“ Situation nach langjähriger Bewirtschaftungsoptimierung nach Gutser 1997) Böden im N-Gleichgewicht, NO3 - - N u. NH3-N konservierende Strategien, optimierte Fütterung	„Mit den hier aufgeführten Verlusten lassen sich die für naturnahe Ökosysteme geforderten critical loads (Bobbink u. Roelofs (1995), Isermann u. Isermann (1997) nicht erfüllen. Voraussetzung hierfür wäre für die BRD eine weitere Verringerung der Tierbestände“ (Gutser 1997)				
	STANDORTSBEDINGUNGEN (1,5 GV / ha AF)				
	günstig	weniger günstig	günstig	weniger günstig	
Überschußsaldo: ...davon Verluste in die:	40	50	90	100	-
1. Atmosphäre	22	20	58	55	-
a) NH3	4	4	33	32	-
b) N2+ N2O	13 +5 = 18	11+5=16	16+9=25	15+8= 23	-
2. Hydrosphäre (NO3-)	18	30	32	45	-
C) Maximal tolerierbare Situation (NAHAL) nach Isermann u. Isermann (1997)	Nur existent, wenn das Verkaufsprodukt den Verbraucher erreicht (z.B. als Brotgetreide, Bioenergie) nicht aber Inlands- oder Importfuttermittel, welche die nichtnachhaltige Situation der Veredelungsbetriebe zur Ursache haben		Max. 1,0 (0,6-1,2) GV/ha LF		nicht mehr existent
Überschußsaldo (2015) ...davon Verluste in die:			65 → 45		
1. Atmosphäre:			42 → 30		
a) NH3			22→ 10		
b) N2+ N2O	18+2=20				
2. Hydrosphäre (NO3-)	23→ 15				
a) Erosion, Oberfl.abfluß, Drainage	3				
b) Auswaschung	20→ 12				
					Re0454

Tab. 5: Optimale Zustände der organischen Bodensubstanz (OBS oder C_{org} = Humus)
 grundwasserferner Sand- und Lehmböden
 unter praxisüblicher Ackernutzung bei durchschnittlichen Klimabedingungen Europas
 (Jahresdurchschnittstemperaturen: 6-10° C, Jahresniederschläge: 400-800 mm)
 (Körschens 1995/1997, Schulz 1997, Körschens und Schulz 1999, Isermann und Isermann 1997, ergänzt)

Einzelparameter	Jeweilige optimale Zustände
1. Gehalte / Mengen 1.1 Gesamte OBS	C_{org} : 0,7 % (Sandboden) bis 2,0% (Schwarzerde) N_{org} : 0,07% (Sandboden) bis 0,3% (Schwarzerde)
1.2 Umsetzbare OBSums (OBS-Mächtigkeit:30 cm)	C_{ums} : 0,4 (0,2-0,6)% = 16 (8-24) t ha ⁻¹ = C_{hwl} : 25-30 mg · 100 g Boden ⁻¹ N_{ums} : 0,04 (0,0,2-0,06) % = 1,6 (0,8-2,4) t ha ⁻¹ = N_{hwl} : 2,5-3,0 mg · 100g Boden ⁻¹
1.3 Umgesetzte OBS uge (z.B. Mitteldeutschland: 4% von OBSums)	C_{uge} : 680 (320-960) kg · ha ⁻¹ · a ⁻¹ N_{uge} : 68 (32-96) kg · ha ⁻¹ · a ⁻¹
2. Mächtigkeiten (Bearbeitungstiefen)	<35 (z.B.: Schwarzerde) bis > 20 cm (z.B.: Sandböden)
3. Qualitäten:	
3.1 C_{org} / N_{org} = C_{ums} / N_{ums} = C_{uge} / N_{uge}	10/1 (> 7 /1 bis < 14/1)
3.2 C_{org} / S_{org}	100/1 (> 70/1 bis < 140/1)
3.3 C_{org} / P_{org}	150/1 (> 100/1 bis < 200/1)
4. Formen	Mull
5. Saldenausgleich (Mineralisierung = Immobilisierung)	2 t reproduktionswirksame organische Substanz (ROS) · ha ⁻¹ · a ⁻¹ =Stalldung bzw. Güllefeststoff mit 2 t Trockenmasse (TM) bzw. 10 t Frischmasse (FM) von 1 Großvieheinheit (GV) mit 500 kg Lebendgewicht (LG)

re0449

Nährstoffsaldo von Grünlandbetrieben

Hege, Ulrich (Freising); Offenberger, Konrad; Diepolder, Michael

Bewertung des Stickstoffsaldos landwirtschaftlicher Betriebe

Auch eine Landbewirtschaftung nach guter fachlicher Praxis führt zu einer Beeinträchtigung des Grund- und Oberflächenwassers, sowie der Luft. Aufgabe einer Arbeitsgruppe war es, diese „unvermeidbaren Verluste“ zu quantifizieren und Orientierungswerte für betriebstypabhängige N-Verluste bei nachhaltiger Pflanzenernährung und Bodenfruchtbarkeit zu erarbeiten. Die unvermeidbaren N-Verluste schwanken je nach Betriebstyp, Intensität der Viehhaltung und Standort zwischen 30 kg/ha und 120 kg/ha.

Orientierungswerte (Entwurf) für betriebstypabhängige N-Verluste (kg N/ha und Jahr) bei nachhaltiger Pflanzenernährung und Bodenfruchtbarkeit

Tierhaltung (Ausscheidung) Auswaschungsgefährdung	viehlos			≤ 100 kg N/ha		
	niedrig	mittel	hoch	niedrig	mittel	hoch
ohne organische Düngung	30	45	60			
Rinder Gülle				60	75	90
Stallmist				65	80	95
Schweine				70	85	100
Grünland					60	

Tierhaltung (Ausscheidung) Auswaschungsgefährdung	> 100 kg N/ha		
	niedrig	mittel	hoch
ohne organische Düngung			
Rinder Gülle	75	90	105
Stallmist	90	100	115
Schweine	85	105	120
Grünland		90	

Es ist davon auszugehen, dass diese Orientierungswerte für die Bewertung des zu erstellenden Nährstoffvergleiches und Düngeverordnung (DVO) herangezogen werden. Im Rahmen dieses Vortrages werden die Auswirkungen der Art der Landbewirtschaftung auf die Stickstoffsalden dargestellt. Insbesondere wird hierbei der Frage nachgegangen, inwieweit die von der Arbeitsgruppe aufgestellten Obergrenzen für unvermeidbare N-Verluste von der Praxis auf Grünland und falls die Datenbasis ausreicht, auch auf Ackerland eingehalten werden können.

Da zum Abgabetermin dieser Kurzfassung eine zusammenfassende Auswertung noch nicht möglich war, können die Ergebnisse der Überprüfung erst im Rahmen des Vortrages vorgestellt werden.

Stickstoffflüsse in konventionellen und ökologischen Futterbaubetrieben

Scheringer, Johanna (Göttingen); Isselstein, Johannes

46 Futterbaubetriebe in ganz Niedersachsen wurden in den Jahren 1995 – 1998 hinsichtlich ihrer Stickstoffwirtschaft untersucht. Auswahlkriterium für die Betriebe war, daß über 80 % der Betriebsflächen für die Futterproduktion verwendet wurden. Die untersuchten Betriebe lassen sich einteilen in 39 konventionell und 7 ökologisch wirtschaftende Betriebe. Mittels der Berechnung von Hoftor-, Stall- und Flächenbilanzen wurden die Stickstoffflüsse in den Betrieben ermittelt. Für die weitere Analyse wurden die Ergebnisse dargestellt für alle konventionellen Betriebe im Mittel ($n = 39$), für die 25 % „besten“ konventionellen Betriebe ($n = 10$) und für die ökologischen Betriebe ($n = 7$).

Die konventionellen Betriebe wiesen im Mittel Überschüsse von 146 kg N ha⁻¹ und 24 g N kg Milch⁻¹ in der Hoftorbilanz, 94 kg N ha⁻¹ und 17 g N kg Milch⁻¹ in der Stallbilanz und 50 kg N ha⁻¹ in der Flächenbilanz auf.

Die 25 % „besten“ konventionellen Betriebe hinsichtlich ihres Stickstoffüberschusses in kg N ha⁻¹ auf Hoftorebene hatten im Mittel Überschüsse von 80 kg N ha⁻¹ und 18 g N kg Milch⁻¹ in der Hoftorbilanz, 77 kg N ha⁻¹ und 19 g N kg Milch⁻¹ in der Stallbilanz und –3 kg N ha⁻¹ in der Flächenbilanz.

Die Salden der ökologischen Betriebe betrugen im Mittel 56 kg N ha⁻¹ und 16 g N kg Milch⁻¹ in der Hoftorbilanz, 89 kg N ha⁻¹ und 25 g N kg Milch⁻¹ in der Stallbilanz und –34 kg N ha⁻¹ in der Flächenbilanz.

Mittels Hauptkomponentenanalyse wurden die Einflussfaktoren der N-Überschüsse identifiziert.

Die Höhe des Stickstoffüberschusses der Hoftorbilanz bezogen auf die Fläche (kg N ha⁻¹) wird insbesondere durch die Höhe des Zukaufes an Kraftfutter und Mineraldünger und durch den Tierbesatz bestimmt.

Die Höhe des Stickstoffüberschusses der Stallbilanz unterliegt differenzierten Einflussfaktoren: Wird der Überschuss auf die Fläche bezogen (kg N ha⁻¹), so ist vor allem die Einsatzmenge an wirtschaftseigenem Futter und die Dauer der Beweidung maßgeblich. Wird der Überschuss auf das Produkt Milch bezogen (g N kg Milch⁻¹) ist die Höhe der externen Betriebsmittel insbesondere des Kraftfutters und der damit verbundenen höheren Milchproduktion entscheidend.

Die Höhe des Stickstoffüberschusses der Flächenbilanz wird durch die Intensität, insbesondere den Tierbesatz und dem damit verbundenen Einsatz an organischen Dünger, und durch den Einsatz an mineralischen Dünger bestimmt.

was leisten N-Bilanzen in Futterbausystemen als Indikator für eine ordnungsgemäße Landwirtschaft?

Wachendorf, Michael (Kiel); Büchter, Manfred; Trott, Hagen; Taube, Friedhelm

Hintergrund und Problemstellung

Hoftorbbilanzen zeigen, dass die spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetriebe aufgrund geringer Nährstoffexporte vergleichsweise hohe Nährstoffüberschüsse aufweisen, die für das Nährelement Stickstoff deutlich über 200 kg N/ha/Jahr betragen können. Dies induziert insbesondere auf den typischen Futterbaustandorten der norddeutschen Sanderflächen negative ökologische Effekte, da es sich vorwiegend um sorptions-schwache Sandböden handelt. Vor diesem Hintergrund wurde von insgesamt 7 Instituten der Universitäten Kiel und Hamburg ein interdisziplinäres Forschungsprojekt durchgeführt, welches 1997 startete und 2001 in seinem Kern beendet wurde.

Material und Methoden

Das Dauergrünland (Neuansaat 1995 als Weißklee/Gras-Mischung) wurde innerhalb jeder Nutzungsform (Umtriebsweide; Mähweide (MW) I/II= 1 bzw. 2 Schnitte und anschließende Weide; 4x Schnitt; simulierte Weide=Schnittnutzung entspr. der jeweiligen Weidevariante) einer zwischen 0 und 300 kg N ha⁻¹ variierten N-Düngung unterzogen. Die N-Versorgung zu Silomais (Monokultur; Sorte Naxos) wurde mit bzw. ohne Untersaat (US; Deutsch'Weidelgras) zwischen 0 und 290 kg ha⁻¹ (mineralisch und organisch) variiert. Das Sickerwasser wurde mittels keramischer Saugkerzen aus 60 cm Bodentiefe gewonnen (Mullit, Poren <1µm, Unterdruck -400 hPa). Die Probenahme erfolgte wöchentlich. Der Sickerwasseranfall wurde aus der klimatischen Wasserbilanz abgeleitet.

Ergebnisse

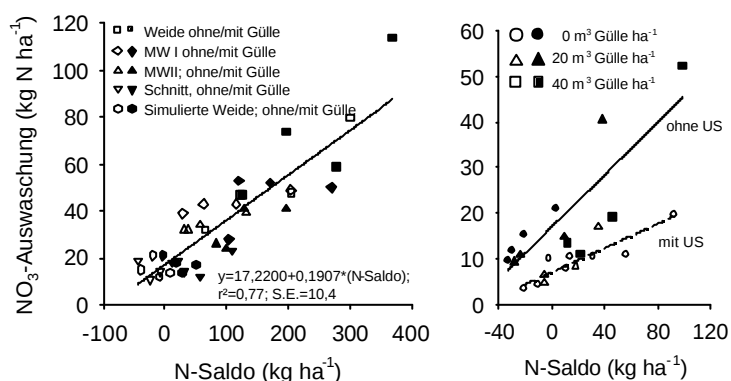


Abb. 1: Beziehung zwischen NO₃-Auswaschung und N-Flächenbilanz-saldo für Dauergrünland (Ø 97-00; links) und Silomais (Ø 98 u. 99; rechts) bei variiert mineralischer N-Düngung

Sowohl für das Grünland, als auch für den Mais konnten robuste Beziehungen zwischen N-Saldo und NO₃-Auswaschung ermittelt werden (Abb.1). Geringste Verluste sind auf dem Grünland unter Schnitt-, höchste bei reiner Weidenutzung zu verzeichnen. Gemischte Systeme liegen dazwischen. Silomais zeichnet sich als N-effizient aus, da er bei hohen Energieerträgen von bis zu 90 GJ NEL ha⁻¹ relativ geringe Verluste aufweist. Der Anbau einer Untersaat reduziert die NO₃-Auswaschung signifikant.

Negative RNB in einer hochleistenden Milchviehherde über eine gesamte Laktation

Hovenjürgen, M.; A. König; H. Spiekers; J. Griesse und E. Pfeffer¹, Bonn

Die Bewertung der Proteinversorgung von Milchkühen erfolgt auf der Stufe des nutzbaren Rohproteins am Duodenum (nXP). Als weitere Kenngröße zur Beurteilung der Proteinversorgung dient die ruminale N-Bilanz (RNB), die als Differenz zwischen Futterrohprotein und nutzbarem Rohprotein am Duodenum berechnet wird. Entsprechend aktuellen Empfehlungen sollte diese Bilanz möglichst ausgeglichen gestaltet werden.

Über die Nutzung rezirkulierten Harnstoffs sind die Tiere jedoch in der Lage einen N-Mangel im Pansen auszugleichen. Inwieweit diese Tatsache Möglichkeiten einer reduzierten Stickstoffversorgung über das Futter ohne Auswirkung auf die Milchleistung eröffnet, sollte geprüft werden.

Aus einer hochleistenden Milchviehherde wurden nach der 7. Laktationswoche 2x10 Kühe nach Leistung auf eine Kontroll- und eine Versuchsgruppe aufgeteilt. Neben einem Grundfutter (Mais-/Gras-/Pressschnitzelsilage, -3 g RNB/kg T, beide Gruppen) erhielt die Kontrollgruppe ein Ausgleichsfutter mit positiver RNB und ein Leistungskraftfutter mit ausgeglichener RNB, die Versuchsgruppe erhielt Ausgleichs- und Leistungskraftfutter mit jeweils negativer RNB.

Insgesamt wurde so für die Kontrollgruppe eine ausgeglichene RNB (entsprechend der Empfehlung) und für die Versuchsgruppe eine negative RNB von ca. -3 g N/kg T eingestellt.

	Ausgeglichene RNB 1. Laktation =2. Laktation (n=5) (n=5)		Negative RNB 1. Laktation =2. Laktation (n=5) (n=5)	
Milchleistung bis zur 36. Laktationswoche:				
Milch (kg)	7107±63	7563±13	7249±58	8109±95
Fett (kg)	1	26	9	7
Protein (kg)	279±25	326±60	308±18	324±21
	228±25	251±35	230±17	265±30
Futtermengen 8. bis 36. Laktationswoche:				
Ausgleichs- und Leistungskraftfutter (kg)	1421±19	1698±22	1227±10	2047±17
	6	6	7	8
Stickstoffmenge (kg N) aus Mischfutter	47,9±6,4	57,1±8,4	27,8±2,5	47,0±4,3
Stickstoffbilanz (N im Mischfutter – N in Milch)	11,4	16,9	- 9,0	4,6

Durch die Einstellung einer negativen ruminalen Stickstoffbilanz konnte die Stickstoffzufuhr über Mischfutter deutlich reduziert werden, ohne dass negative Auswirkungen auf die Milchleistung auftraten.

¹ Institut für Tierernährung, Universität Bonn, eMail: pfeffer@itz.uni-bonn.de

Der Verzicht auf den Ausgleich einer negativen RNB über zugekauftes Mischfutter kann einen Beitrag zum Ausgleich der Stickstoffbilanzen in der Milchkühfütterung leisten.

Ökologische Bewertung unterschiedlich intensiver Produktionssysteme von Broilern anhand von Nährstoffbilanzen

Kratz, Sylvia (Braunschweig)¹; Rogasik, Jutta; Schnug, Ewald

1. Einleitung

Die Broilerproduktion wird in Deutschland zu über 99% in konventioneller intensiver Stallhaltung betrieben. Daneben gewinnen in jüngerer Zeit alternative Produktionsformen mit Grünauslauf an Bedeutung. Alle Formen nehmen für sich in Anspruch, umweltverträglich zu produzieren. Die ökologische Bewertung landwirtschaftlicher Produktionssysteme ist derzeit Gegenstand intensiver wissenschaftlicher Diskussion (z.B. ECKERT *et al.* 1999; HÜLSBERGEN *et al.* 2000; GEIER & KÖPKE 1998; WETTERICH & HAAS 1999; OECD 1999; CHRISTEN & O'HOLLORAN-WIETHOLTZ 2002). Die bekannten Modelle arbeiten mit verschiedenen Umweltwirkungskategorien und -indikatoren, wie bspw. Nährstoffflüsse, Bodenqualität, Human- und Ökotoxizität oder Biotop- und Artenvielfalt. Die bisherige Diskussion hat sich bisher auf pflanzenbauliche Fragen konzentriert. Für die Tierhaltung werden vor allem Nährstoff- und Energiebilanzen sowie Ammoniakemissionen und Viehbesatz als wichtige Indikatoren angesehen.

Eine ökologische Bewertung unterschiedlich intensiver Produktionssysteme von Broilern ist in der Literatur bisher nicht zu finden. Hierzu soll die vorliegende Studie einen Beitrag leisten. Gegenstand dieses Beitrages sind Nährstoffbilanzen sowie der damit zusammenhängende Komplex der Nährstoffgehalte im Boden.

Die untersuchten Produktionssysteme unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der Größe der Tierbestände, Besatzdichte in Stall und Auslauf, Mastdauer und Tiermaterial sowie der Fütterung (Tab. 1).

Tab. 1: Merkmale praxisüblicher Systeme der Broilerproduktion

Tab. 1: Merkmale praxisüblicher Systeme der Brasterproduktion			
	Konventionelle intensive Stallhaltung ¹	Konventionelle Auslaufhaltung ²	Ökologische Auslaufhaltung ³
Tierplätze je Stalleinheit	nicht festgeschrieben praxisüblich: mind. 20000	nicht festgeschrieben	maximal 4800
Besatzdichte im Stall [Tiere m ⁻²]	22-24	13	10
Auslauffläche je Tier [m ²]	keine	1	4
Mindestmastdauer [Lebenstage]	praxisüblich: 29-43	56	81, bei langsam wachsenden Herkünften weniger erlaubt
Tiermaterial	schnellwüchsige Masthybriden	langsam wachsende, robuste Hybriden	
Fütterung / Futtermittel- und Trinkwasserzusätze	Futtermittel- und Trinkwasserzusätze im Rahmen futter- und arzneimittelrechtlicher Vorschriften: Kokzidiostatika, synthetische Aminosäuren, antibiotische Einstallprophylaxen		keine Antibiotika, Kokzidio- statika u.a. als Leistungs- förderer eingesetzte Wirkstoffe;keine GVO oder deren Derivate Tiere müssen mit ökologisch erzeugten Futtermitteln ernährt werden
¹ Freiwillige Vereinbarung zur Haltung von Jungmasthühnern, DGS (1999)			
² EWG-VO 1538/91 in Verbindung mit 2891/93			
³ EU-VO 1804/1999			

¹ eMail: sylvia.kratz@fal.de

Zur separaten Betrachtung des Betriebszweiges Broilerproduktion wurden Stallbilanzen berechnet. Der Saldo der Stallbilanz liegt in Form tierischer Exkreme vor. Im Fall reiner Stallhaltung ist dies der Wirtschaftsdünger, der im Idealfall auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Betriebes pflanzenbaulich sinnvoll verwertet werden kann. Bei der Auslaufhaltung wird ein Teil des Saldos von den Tieren als Kot im Grünauslauf ausgeschieden. Hier ergibt sich eine Schnittstelle zur Umwelt, über die Nährstoffe dem betrieblichen Nährstoffkreislauf unproduktiv entzogen und möglicherweise ökologisch nachteilig wirksam werden. Der Untersuchung dieser Schnittstelle wurde bisher in der Wissenschaft erst wenig Beachtung geschenkt.

Die Zielsetzung dieser Studie ergibt sich daher wie folgt:

- Systemvergleich konventioneller und ökologischer Broilerproduktion auf der Basis von Nährstoffbilanzen
- Untersuchung der Nährstoffbefruchtung von Böden in Grünausläufen und deren ökologische Bewertung

2. Material und Methoden

Für die Erstellung der Nährstoffbilanzen wurden im Rahmen einer Fallstudie in den Jahren 2000 und 2001 auf je 5 Betrieben der drei Produktionssysteme (Tab. 1) Datenerhebungen auf der Grundlage einheitlicher Fragebögen durchgeführt (2 Mastdurchgänge je Betrieb). Hinzu kam die mastdurchgangsbegleitende Untersuchung sämtlicher eingesetzter Futtermittel sowie von Wirtschaftsdünger und Frischkotproben am Ende jeder Mastperiode. Fehlende Daten (Nährstoffgehalte in Tierkörpern und Einstreu) wurden durch Literaturlauswertung (GFE 1999, KERSCHBERGER *et al.* 1997) ergänzt.

Für die Untersuchungen zur Nährstoffbefruchtung von Böden wurden zwei als Dauerauslauf eingerichtete Grünausläufe konventioneller Mastbetriebe, ein ökologischer Dauerauslauf und ein als mobiler Wechsellauslauf eingerichteter Grünauslauf eines Ökobetriebes ausgewählt. Bei der Beprobung wurde den jeweiligen Gegebenheiten vor Ort durch ein variables Probenahmekonzept Rechnung getragen. Die Grundstrategie bestand darin, zu Beginn der Beprobung mit Hilfe eines weitmaschigen Rasters einen Überblick über das Nährstoffniveau der Fläche zu gewinnen. Bei den Folgeterminen wurde das Raster intensiver von den Tieren genutzten Weidebereichen verdichtet. Die unterschiedliche Nutzung von Teilflächen ließ sich dabei aus optischen Merkmalen wie insbesondere Zustand der Grasnarbe und Entfernung vom Stall sowie aus Beobachtungen der Landwirte vor Ort ableiten. Auf zwei Betrieben wurden außerdem stichprobenartige Direktbeobachtungen zur Verteilung und Nutzungsintensität der Tiere durchgeführt. Beprobte wurden die Bodentiefen 0-10 cm, 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm. Untersucht wurden die Nährstoffe N, P, Zn und Cu sowie der Boden-pH. Für die chemische Analyse fanden Standardmethoden Anwendung.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt schwerpunktmäßig am Beispiel von Phosphor. Diese Auswahl ergibt sich vor allem daraus, dass P in besonders hoher Konzentration im Broilerkot enthalten ist und Phosphat im Boden aufgrund seiner besonderen Sorptionseigenschaften anders als Nitrat oder Kalium nur in geringem Umfang verlagert wird. Auch gasförmige Verluste wie bei Ammoniak fallen bei P weg. Dieser Nährstoff eignet sich daher besonders gut zur Beschreibung räumlicher und zeitlicher Anreicherungsprozesse in Zusammenhang mit der Nutzung.

Nährstoff-Effizienz

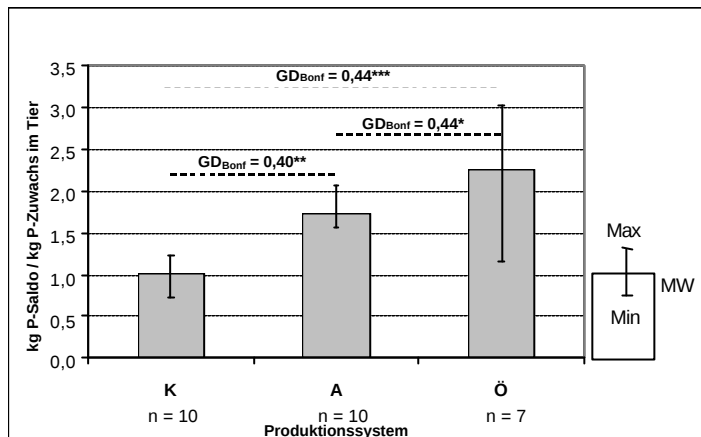


Abb. 1: P-Saldo relativ zum P-Zuwachs im Tier bei verschiedenen Systemen der Broilerproduktion (K = konventionelle intensive Stallhaltung, A = konventionelle Auslaufhaltung, Ö = ökologische Auslaufhaltung)

Die P-Retention im Tier (Zuwachs im Tier relativ zur Futternährstoffmenge) stieg in der Reihenfolge ökologische Auslaufhaltung < konventionelle Auslaufhaltung < konventionelle intensive Stallhaltung an. Umgekehrt war die Reihenfolge für das Verhältnis von Nährstoff-Saldo zum Nährstoff-Zuwachs (Abb. 1). Gleiches galt für die Nährstoffe N, Zn und Cu (KRATZ 2002). Im Mittel gingen je nach Produktionssystem 49-67% der P-Zufuhr als Wirtschaftsdünger oder im Grünauslauf ausgeschiedener Kot in den N-Saldo ein, bei N

betrug der Anteil des Saldo an der Zufuhr 41-62%, bei Zn 82-90% und bei Cu 97-98%. Systemspezifische Ursachen für unterschiedliche Nährstoff-Effizienz waren Tiermaterial, Mastdauer und Futterverwertung (Tab. 2). Hinzu kamen Unterschiede in der Fütterungsstrategie (unterschiedlich gestufte Phasenfütterung, ad libitum oder restriktive Fütterung, Fütterungstechnik). Die hohen Spannweiten insbesondere bei ökologischer Haltung zeigen allerdings, dass hier Managementfaktoren einen wesentlichen Einfluss haben und bei diesem System ein deutliches Potenzial zur Verbesserung der Nährstoffeffizienz besteht.

Tab. 2: Tiermaterial, Mastdauer und Futterverwertung in verschiedenen Systemen der Broilerproduktion

		Konventionelle intensive Stallhaltung	Konventionelle Auslaufhaltung	Ökologische Auslaufhaltung
Tiermaterial		Ross 208/308, Cobb	ISA 257	ISA 257/657/957
Mastdauer	MW	40	61	97
[Lebensstage]	(von ... bis]	(33-45)	(57-65)	(58-151)
Futterverwertung	MW	1,74	2,32	2,78
[kg kg ⁻¹] ^a	(von ... bis]	(1,61-1,90)	(2,19-2,52)	(1,89-4,08)

^a je kg produzierte Lebendmasse, d.h. ausgestaltete Tiere + Tierverluste im Mastdurchgang

Nährstoffbefrachtung im Grünauslauf

Der im Grünauslauf ausgeschiedene Anteil des Stallbilanzsaldos ist abhängig von der Nutzungsintensität durch die Broiler. Eine Modellkalkulation verdeutlicht die ökologische Relevanz des Koteintrages im Auslauf bei unterschiedlicher Ausnutzung durch die Tiere (Tab. 3).

Tab. 3: P-Eintrag im Grünauslauf konventioneller (A) und ökologischer (Ö) Mastbetriebe bei unterschiedlicher Auslaufnutzung

Kotanteil im Auslauf [% der Gesamtausscheidungen]	Mastbetrieb			
	A 1	A 3	Ö 1	Ö 2
	P-Eintrag im Mastdurchgang [kg ha ⁻¹]			
10	10	9	5	13
25	24	23	12	33
50	49	46	24	66

P-Entzug einer 2-schürigen Extensivwiese (Ertrag: 70 dt TM ha⁻¹): **20 kg ha⁻¹ a⁻¹ P**

Berechnung der Gesamtausscheidungen per futtermengenbasierter Faustformel und analysierter Kot-P-Gehalte,

Annahme: täglicher Zugang zum Auslauf ab 28. Lebenstag bis Mastende, flächenhaft gleichmäßige Verteilung des Kotes

So liegt bereits bei 25% der Gesamtausscheidungen im Grünauslauf der P-Eintrag einer Mastperiode oberhalb des möglichen Pflanzenentzuges. Da eine exakte Quantifizierung der im Grünauslauf ausgeschiedenen Kotmengen nicht praktikabel war, wurden auf den vier untersuchten Flächen die pflanzenverfügbaren P-Gehalte in 0-10 cm Bodentiefe als Indikator für den Kot-P-Eintrag verwendet.

Die Grünausläufe wurden durch die Tiere mit räumlich unterschiedlicher Intensität genutzt. In Abbildung 2 ist am Beispiel eines konventionellen Auslaufbetriebes ein deutlicher Anstieg der P_{CAL}-Gehalte in der intensiv genutzten Zone im Verlauf von 16 Monaten zu sehen, während das Niveau in der gering bis gar nicht genutzten Zone mehr oder weniger konstant blieb.

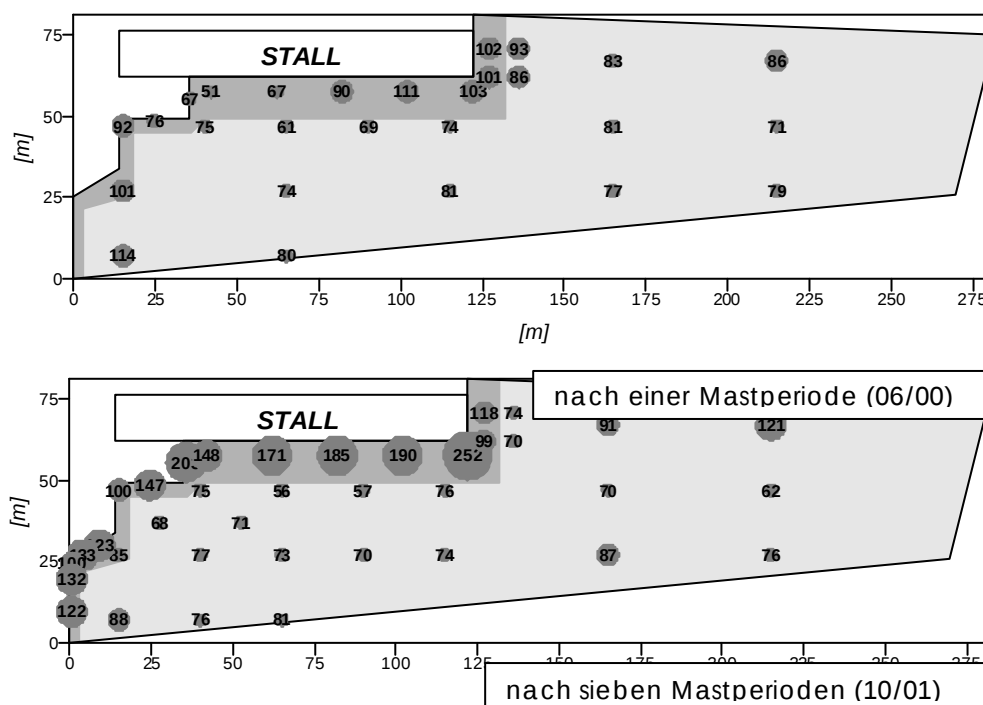


Abb. 2: Entwicklung einer räumlichen Variabilität der P_{CAL} -Gehalte [mg kg^{-1}] in 0-10 cm Bodentiefe in Abhängigkeit von der Nutzungsintensität im Grünauslauf eines konventionellen Mastbetriebes (Zone intensiver Nutzung dunkel unterlegt; Punktgröße repräsentiert Klassenzugehörigkeit nach Clusterzentrenanalyse)

Die Differenzierung der P_{CAL} -Gehalte nach Nutzungszonen fand sich auch in den anderen drei Grünausläufen in ähnlicher Weise wieder. Dagegen war die zeitliche Entwicklung einer Anreicherung in den intensiv genutzten Zonen nicht überall so deutlich nachvollziehbar. Ursache hierfür dürfte die Überlagerung durch verschiedene Bodenprozesse sein. Zu nennen sind v.a.

- jahreszeitliche Schwankungen der P-Gehalte im Zusammenhang mit der Vegetationsentwicklung
- Mineralisierungs- und Immobilisierungsprozesse
- horizontale und vertikale P-Verlagerung.

P-Verlagerung

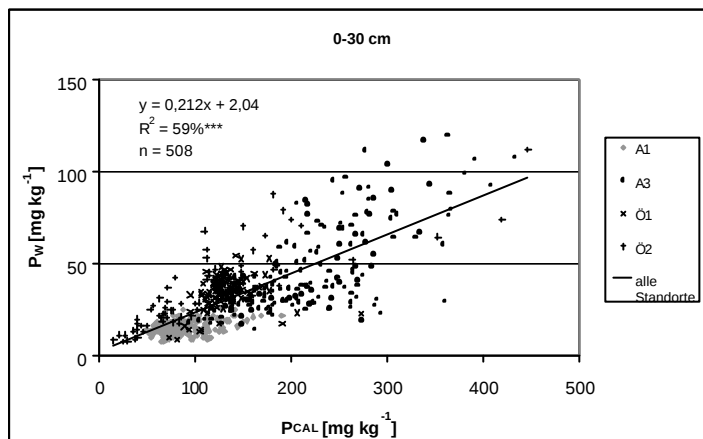


Abb. 3: Beziehung zwischen laktat- (P_{CAL}) und wasser- (P_W) löslichem Phosphor in Grünausläufen konventioneller (A) und ökologischer (Ö) Broilermast-Betriebe, Bodentiefe 0-30 cm

Die laktatlösliche P-Fraktion ist mit der wasserlöslichen Fraktion (P_W) korreliert (Abb. 3). Der P_W -Gehalt steht in direkter Beziehung zum anorganischen P in der Bodenlösung und wird in der Literatur als Maß für die Menge an austragsgefährdetem gelösten anorganischen P angesehen (SCHOUMANS *et al.* 1997; MOORE *et al.* 1998; SIMS 1998).

Zwar wird die vertikale P-Verlagerung mit dem

Sickerwasser im Allgemeinen aufgrund des spezifischen Sorptions- und Fällungsverhaltens von Phosphat als unbedeutend betrachtet, als dominierender Prozess gilt der oberflächliche Austrag von sedimentgebundenem P durch Wind- und Wassererosion (BOYSEN 1977; LUCERO *et al.* 1995; SCHACHTSCHABEL *et al.* 1998). In flachem, gut drainiertem Terrain mit sandigen sauren Böden kann die Auswaschung von P bei anhaltend hoher P-Zufuhr jedoch eine größere Rolle spielen, was vor allem auf eine Sättigung der P-Sorptionskapazität des Bodens zurückgeführt wird (LEINWEBER *et al.* 1997; KINGERY *et al.* 1994).

Am Ende des Beobachtungszeitraumes und damit am Ende der Vegetationsperiode 2001 wurden an den vier untersuchten Standorten hohe bis sehr hohe P_W -Gehalte festgestellt. Die P_W -Gehalte in 0-30 cm waren eng mit den Gehalten in 0-10 cm, die als Indikator für den Koteintrag verwendet wurden, korreliert. Ebenso bestanden auch enge Korrelationen zwischen den P_W -Gehalten in 0-30 cm und jenen im Unterboden, d.h. 30-60 cm und 60-90 cm, was auf eine vertikale Verlagerung von P mit dem Sickerwasser hindeutete.

Mit Hilfe von standortweise errechneten linearen Regressionsfunktionen kann das Risiko der P_W -Verlagerung in tiefere Bodenschichten bei unterschiedlichen Ausgangskonzentrationen modellhaft dargestellt werden (Tab. 4).

Tab. 4: Simulationsmodell zur Einschätzung des potenziellen Verlagerungsrisikos von wasserlöslichem P bei unterschiedlichem Ausgangsniveau

Tiefe [cm]		P_W [mg kg ⁻¹]							
		gering (Stufe B)		mittel (Stufen C und D)		hoch (Stufe E)		sehr hoch (> 70)	
		von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
Ausgangs-	0-30	5,0	10,0	11,0	30,0	31,0	70,0	71,0	120,0
resultierende	30-60	2,7	5,4	6,0	22,7	23,7	66,8	67,7	112,7
Konzentration									
resultierende	60-90	1,5	3,2	3,5	13,5	14,3	51,8	52,4	86,5
Konzentration									
Modellannahmen:									
$P_{W60} =$		0,55* P_{W30} - 0,04		0,99* P_{W30} - 6,97		0,92* P_{W30} + 2,49			
$P_{W90} =$		0,34* P_{W30} - 0,20		0,74* P_{W30} - 8,66		0,70* P_{W30} + 3,10			

Während sich bei geringen bis mittleren P_W -Gehalten im Oberboden die Gehalte in 60-90 cm auf niedrigem Niveau bewegen, werden bei hohen Gehalten auch im Unterboden P_W -Konzentrationen erreicht, die eine potenzielle Grundwassergefährdung befürchten lassen. Dies lässt sich anhand eines für niederländische Böden entwickelten Modells verdeutlichen, welches eine Kalkulation der gelösten anorganischen P-Fraktion in der Bodenlösung als Funktion der P_W -Konzentration der betreffenden Bodenschicht erlaubt (SCHOUMANS & GROENENDIJK 2000). Je nach Sorptionskapazität des Bodens liegt danach bei einem P_W -Gehalt des Bodens von 50 mg kg⁻¹ die Konzentration von Ortho-P in der Bodenlösung zwischen 1 und 2,5 mg L⁻¹. Der Schwellenwert für die P-Eutrophierung von Gewässern wird in der Literatur mit 0,01 bis 0,1 mg L⁻¹ beziffert (FINCK 1991; SIMS & WOLF 1994). In den Niederlanden gilt eine Ortho-P-Konzentration von 0,1 mg L⁻¹ ökologisch tolerabler Wert für Sickerwasser an der Obergrenze des Grundwasserspiegels. Bei anhaltend hoher P-Zufuhr mit dem Broilerkot ist also langfristig von einem potenziellen Risiko des Austrages ins Grundwasser auszugehen.

N_{min}, Zn, Cu und Boden-pH in Grünausläufen

Auch für N_{min} fand sich der für P gezeigte Zusammenhang zwischen Nutzungsintensität durch die Tiere und Nährstoffbefruchtung des Bodens in vergleichbarer Weise wieder (KRATZ 2002). In den intensiv genutzten Zonen wurden, bezogen auf eine Bodentiefe von 0-30 cm, mittlere N_{min} -Gehalte festgestellt, die mit bis zu 1270 kg ha⁻¹ N_{min} deutlich höher lagen als der N-Basis-Sollwert für Weideland von 110 kg ha⁻¹ N_{min} (SCHILLING 2000) und damit den potenziell für Kulturpflanzen verwertbaren Gehalt um ein Vielfaches überschritten. Hohe N-Einträge durch Broilerkot bewirkten bereits nach kurzer Zeit hohe Nitratgehalte in tieferen Bodenschichten (60-90 cm) und damit ein potenzielles Risiko des Nitrataustrages ins Grundwasser. Die pH-Werte der Böden nahmen in den intensiv genutzten Zonen tendenziell ab. Bei den Mikronährstoffen Zn und Cu konnte trotz der geringen Verwertung durch die Tiere in dem kurzen Beobachtungszeitraum kein eindeutiger Trend zur Anreicherung pflanzenverfügbarer Fraktionen im Boden festgestellt werden.

Gesamtbetriebliche Indikatoren

Für eine ökologische Bewertung müssen vor dem Hintergrund des in Wissenschaft und Politik propagierten Leitbildes einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft auch flächenbezogene bzw. gesamtbetriebliche Kennzahlen betrachtet werden. Im gesamtbetrieblichen Vergleich (Broilermast und sonstige Tier- und Pflanzenproduktion) wiesen ökologisch wirtschaftende Betriebe im Gegensatz zu den Betrieben mit konventioneller intensiver Stallhaltung den niedrigsten Viehbesatz, die geringsten N- und P-Ausscheidungen je ha LN und die niedrigsten potenziellen Ammoniak-Emissionen je ha LN auf (Tab. 5).

Tab. 5: Viehbesatz, N- und P-Ausscheidungen und potenzielle Ammoniak-Emissionen (Mittelwerte) bei unterschiedlichen Produktionssystemen im gesamtbetrieblichen Vergleich

Betriebe mit	Viehbesatz <i>GVE ha⁻¹</i>	N- Ausscheidungen <i>kg ha⁻¹ a⁻¹ N</i>	P- Ausscheidungen <i>kg ha⁻¹ a⁻¹ P</i>	potenzielle Ammoniak- Emissionen <i>kg ha⁻¹ a⁻¹ NH₃-N</i>
konventioneller intensiver Stallhaltung	4,4 / 11,1 (5,1)	100 / 246 (126)	30 / 69 (33)	80
konventioneller Auslaufhaltung	4,2 (3,6)	129 (103)	33 (29)	58
ökologischer Auslaufhaltung	1,2	26 / 61	7,5 / 12,5	21

bei 2 Werten: Betriebe mit Vertrags- od. Kooperationsfläche / Betriebe mit eigener LN

Angaben in Klammern: nach Dungexport (Mistabnahmevertrag)

Berechnung der Nährstoffausscheidungen mit Richtwerten nach KERSCHBERGER *et al.* 1997, Ammoniak-Emissionen nach Pauschalansatz der DüngeVO (28% der N-Ausscheidungen für Gülle, 40% für Festmist)

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Broilermastbetriebe mit konventioneller intensiver Stallhaltung realisierten eine höhere Nährstoff-Effizienz als Betriebe mit konventioneller oder ökologischer Auslaufhaltung. Systemspezifische Ursachen waren Tiermaterial, Mastdauer und Futterverwertung. Große Spannweiten vor allem bei der Produktion nach den Regeln des ökologischen Landbaus zeigen, dass bei diesem noch stark in Entwicklung begriffenen System managementbedingte Faktoren eine wichtige Rolle spielen, hier besteht offenbar ein großes Potenzial zur Steigerung der Nährstoff-Effizienz.

Eine Modellrechnung verdeutlichte die ökologische Relevanz des Koteintrages im Grünauslauf bei alternativen Produktionssystemen. Zwischen der Nutzungsintensität durch die Tiere und der räumlichen Verteilung der Nährstoffgehalte im Boden von Grünausläufen bestand ein Zusammenhang. In Zonen hoher Nutzungsintensität fanden sich im Boden hohe Gehalte an mobilen N- und P-Fraktionen. Anhand regressionsanalytischer Auswertung ließ sich ein potenzielles Risiko von Nährstoffeinträgen ins Grundwasser ableiten, bei N besteht zudem das Risiko gasförmiger Ammoniakverluste an die Atmosphäre. Bedenklich ist hier vor allem, dass hohe Nährstoffgehalte bevorzugt an solchen Stellen auftraten, die aufgrund der intensiven Nutzung keinen Pflanzenaufwuchs mehr besaßen, der den Nährstoffeintrag hätte verwerten können. Praktiker sind hier gefordert, bereits von Wissenschaft und Praxis aufgezeigte Lösungsansätze zu realisieren und zu

optimieren, die auf eine gleichmäßigere Verteilung der Tiere in der Fläche und den Erhalt des Pflanzenaufwuchses zielen (vgl. HIRT *et al.* 2001; ZELTNER & HIRT 2001).

Vor dem Hintergrund der aktuellen Diskussion um eine nachhaltige Landwirtschaft und deren Einbindung in ökologische Kreisläufe ist aber auch zu bedenken, dass mit der Bewertung von Broiler-Stallbilanzen nur ein Ausschnitt aus dem in der Praxis als Gesamtbetrieb realisierten System betrachtet wird. Im gesamtbetrieblichen Vergleich wiesen ökologisch wirtschaftende Betriebe den niedrigsten Viehbesatz, die geringsten N- und P-Ausscheidungen je ha LN und die niedrigsten potenziellen Ammoniak-Emissionen je ha LN auf. Gerade in den Zentren der Broilerproduktion bereitet die

pflanzenbaulich sinnvolle Verwertung lokal konzentriert anfallender großer Mengen von Broilermist zunehmend Schwierigkeiten (NISCHWITZ 1996; BARTELT *et al.* 2001; PHILLIPS *et al.* 2002). Die genannten gesamtbetrieblichen Indikatoren sollten daher, ebenso wie auch Indikatoren der Tiergerechtigkeit, Produktqualität, Human- und Ökotoxizität sowie sozioökonomische Kennzahlen, beachtet werden, um zu einer möglichst ganzheitlichen Betrachtungsweise zu gelangen. Zielkonflikte zwischen diesen sehr weitgespannten Interessen werden immer auch im Hinblick auf deren jeweilige gesellschaftliche Akzeptanz und Relevanz zu lösen sein.

Literatur

BARTELT, R.; SCHOMAKER, B. & WAMHOFF, H. (2001): Qualifizierter Flächennachweis und Rahmenvereinbarung über die überbetriebliche Verwertung organischer Nährstoffträger. In: VDLUFA (Hrsg.): Berücksichtigung des Bodenschutzes bei der Verwertung von Wirtschaftsdüngern in Niedersachsen. Tagung der Arbeitsgruppe der „Bodenspezialisten der Bundesländer“ vom 28.05. bis 30.05.2001 in Nienburg/Weser, Niedersachsen, 6-13, Darmstadt.

BOYSEN, P. (1977): Nährstoffauswaschung aus gedüngten und ungedüngten Böden in Abhängigkeit von Standorteigenschaften und Nutzung der Moränen- und Sandergebiete Schleswig-Holsteins. Dissertation, Kiel.

CHRISTEN, O. & O'HOLLORAN-WIETHOLTZ, Z. (2002): Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft. Schriftenreihe des Instituts für Landwirtschaft und Umwelt (ilu), 3/2002. Bonn.

DGS (1999): Mindestanforderungen für die Haltung von Masthähnchen und Puten festgelegt. DGS-Magazin 39/99, 10-16.

ECKERT, H.; BREITSCHUH, G. & SAUERBECK, D. (1999): Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung (KUL) – ein Verfahren zur ökologischen Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben. In: Agribiological Research 52 (1), 57-76.

EUROPÄISCHE GEMEINSCHAFT (1991): Verordnung (EWG) Nr. 1538/91 der Kommission vom 5. Juni 1991 mit ausführlichen Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EWG) Nr. 1906/90 des Rates über bestimmte Vermarktungsnormen für Geflügelfleisch. Amtsblatt L 143 der Europäischen Gemeinschaften vom 07.06.1991. Brüssel, Belgien.

EUROPÄISCHE UNION (1999): Verordnung (EG) Nr. 1804/1999 des Rates vom 19. Juli 1999 zur Einbeziehung der tierischen Erzeugung in den Geltungsbereich der Verordnung (EWG) Nr. 2092/1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. Amtsblatt L 222/1 der Europäischen Gemeinschaften vom 24.08.1999. Brüssel, Belgien.

FINCK, A. (1991): Düngung – ertragssteigernd, qualitätsverbessernd, umweltgerecht. Stuttgart.

- GEIER, U. & KÖPKE, U. (1998): Comparison of Conventional and Organic Farming by Process-Life Cycle Assessment. A Case Study of Agriculture in Hamburg. In: CEUTERICK, D. (Hrsg.): International Conference on Life Cycle Assessment in Agriculture, Agro-Industry and Forestry 1998, Proceedings, 31-38, Brüssel, Belgien.
- GfE (1999): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler). Frankfurt am Main.
- HIRT, H., MAURER, V. & ZELTNER, E. (2001): Wohin die Hennen gerne gehen. In: DGS-Magazin 31/01, 50-52.
- HÜLSBERGEN, K.-J., DIEPENBROCK, W. & ROST, D. (2000): Analyse und Bewertung von Umweltwirkungen im Landwirtschaftsbetrieb – das Hallesche Konzept. In: Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Hrsg.): Die Agrarwissenschaften im Übergang zum 21. Jahrhundert – Herausforderungen und Perspektiven. 8. Hochschultagung am 28.04.2000 in Halle/Saale. Tagungsband (im Druck). <http://www.landw.uni-halle.de/repro/repro.htm>
- KINGERY, W. L.; WOOD, C. W.; DELANEY, D. P.; WILLIAMS, J. C. & MULLINS, G. L. (1994): Impact of Long-Term Land Application of Broiler Litter on Environmentally Related Soil Properties. In: Journal of Environmental Quality 23, 139-147.
- KRATZ, S. (2002): Nährstoffbilanzen konventioneller und ökologischer Broilerproduktion unter besonderer Berücksichtigung der Belastung von Böden in Grünausläufen. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft, in Druck. Braunschweig.
- LEINWEBER, P.; LÜNSMANN, F. & ECKHARDT, K.U. (1997): Phosphorus Sorption Capacities and Saturation of Soils in Two Regions with Different Livestock Densities in Northwest Germany. In: Soil Use and Management 13, 82-89.
- LUCERO, D. W.; MARTENS, D. C.; MCKENNA & STARNER, D.E. (1995): Accumulation and Movement of Phosphorus from Poultry Litter Application on a Starr Clay Loam. In: Communications in Soil Science and Plant Analysis 26 (11&12), 1709-1718.
- MOORE, P.A.; JOERN, B.C. & PROVIN, T.L. (1998): Improvements Needed in Environmental Soil Testing for Phosphorus. In: SIMS (Hrsg.): Soil Testing for Phosphorus – Environmental Uses and Implications. Southern Cooperative Series Bulletin No. 389, 21-30, Delaware, USA.
- NISCHWITZ, G. (1996): Die Veredelungswirtschaft in Süddoldenburg unter dem Einfluss sich wandelnder sozioökonomischer und politischer Rahmenbedingungen. Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft 17. Vechta.
- OECD (1999): Environmental Indicators for Agriculture: Methods and Results – The Stocktaking Report. Paris, Frankreich.
- PHILLIPS, S.B.; MULLINS, G.L. & DONOHUE, S.J. (2002): Changes in Snap Bean Yield, Nutrient Composition and Soil Chemical Characteristics when Using Broiler Litter as a Fertilizer Source. In: Journal of Plant Nutrition 25(8), 1607-1620.
- SCHACHTSCHABEL, P.; BLUME, H. P.; BRÜMMER, G.; HARTGE, K. H. & SCHWERTMANN, U. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart.
- SCHILLING, G. (2000): Pflanzenernährung und Düngung. Stuttgart.
- SCHOUMANS, O.F.; EHLERT, P.A.I. & BREEUWSMA, A. (1997): Phosphorus Testing and Management: Towards a More Fundamental and Environmentally Sound Approach. In: SOIL AND PLANT ANALYSIS COUNCIL (Hrsg.): 1997 International Soil and Plant Analysis Symposium, Minneapolis, Proceedings, 64-80. Athens, USA.
- SCHOUMANS, O.F. & GROENENDIJK, P. (2000): Modeling Soil Phosphorus Levels and Phosphorus Leaching from Agricultural Land in the Netherlands. In: Journal of Environmental Quality 29, 111-116.
- SIMS, J.T. & WOLF, D.C. (1994): Poultry Waste Management: Agricultural and Environmental Issues. In: Advances in Agronomy 52, 1-83.
- SIMS, J.T. (1998): Phosphorus Soil Testing: Innovations for Water Quality Protection. In: Communications in Soil Science and Plant Analysis 29, 1471-1489.

WETTERICH, F. & HAAS, G. (1999): Ökobilanz Allgäuer Grünlandbetriebe. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau der Universität Bonn. Bonn.

ZELTNER, E. & HIRT, H. (2001): Wie Grünausläufe an Attraktivität gewinnen. In: DGS-Magazin 44/2001, 35-37.

Danksagung

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „Interdisziplinäre Bewertung unterschiedlich intensiver Produktionssysteme von Masthähnchen insbesondere unter Aspekten der Ökologie, der Produktqualität, des Tierschutzes und der Ökonomie“ durchgeführt. Die Autoren danken der Heinz Lohmann Stiftung, Visbek, für die finanzielle Förderung des Projektes und Frau Dr. I. Halle vom Institut für Tierernährung der FAL für die Futtermittelanalytik. Die Erstautorin dankt ihren Kolleginnen M. Wolf-Reuter und A. Redantz für die gute Zusammenarbeit bei der Datenerhebung.

Nährstoffkreislauf auf einer extensiven Rinderweide

Mayer, Franziska (Freising); Auerswald, Karl; Schnyder, Hans

Kommt es auf einer extensiven Rinderweide in Folge von Musterbildung in der Exkrementverteilung zur Nährstoffverlagerung, ist mit einer zunehmenden Heterogenität der Nährstoffverfügbarkeit für Pflanzen zu rechnen.

Ziel der vorgestellten Untersuchungen ist es, den Nährstoffkreislauf und mögliche Nährstoffverlagerungen innerhalb einer Extensivweide aufzuzeigen.

Dazu wurden auf einer extensiven, nach Norden exponierten Weide Erhebungen zu Bodennährstoffen, Exkrementverteilung, Biomasse (quantitativ und qualitativ) und Pflanzenartenzusammensetzung in hoher Auflösung durchgeführt.

Geostatistische Verfahren zeigten eine räumliche Abhängigkeit der Exkrementverteilung, was auf eine Nährstoffverlagerung innerhalb der Weide schliessen lässt (Abb. 1).

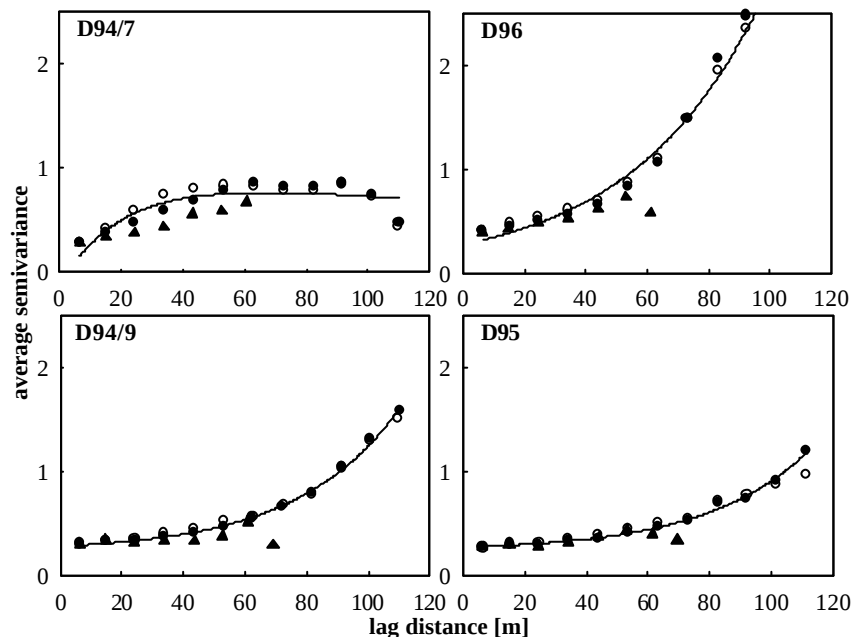


Abb. 1: Experimentelle Semivariogramme der Kotverteilung; (○) isotropisch, (●) anisotropisch 0°, (▲) anisotropisch 90°, (□) Modell zu anisotropisch 0°

Aus Korrelationsanalysen konnten die Hangneigung, die Lage am Hang und die Entfernung zum Zaun als Einflussfaktoren identifiziert werden. Auch die Installation einer Tränke beeinflusste das Verteilungsmuster. Die Nährstoffverteilung im Boden war nicht nur dieser Verlagerung entsprechend heterogen, sondern die Stickstoff-, Phosphat- und Kaliumversorgung waren positiv mit der Exkrementdichte korreliert. Auch die Biomasseproduktion war in Bereichen höherer Exkrementdichten höher und die Pflanzengemeinschaften variierten mit den unterschiedlichen abiotischen Bedingungen.

Auf einer ungedüngten, am Hang gelegenen Weide kommt es somit zu einer gleichgerichteten Nährstoffverlagerung, so dass es in bestimmten Bereichen (weniger stark geneigte Bereiche und an der Tränke) zu einer ständigen Nährstoffanreicherung, in anderen Bereichen (steile Bereiche und in Zaunnähe) dagegen zu einer zunehmenden Aushagerung kommt, was sich in einer

entsprechenden Heterogenität der Biomasseproduktion und der
Artenzusammensetzung zeigt.

Zielwerte der Nachhaltigkeit für Nährstoff-, Humus- und Energiebilanzen von landwirtschaftlichen Betrieben in Luxemburg

Lioy, Rocco (Ettelbrück)¹; Albers, Jürgen; Dusseldorf, Tom; Klöcker, Dorothee; Meyers, Arthur

1 Einleitung

Der Luxemburger Herdbuchverband (im folgenden HL), eine landwirtschaftliche Genossenschaft von 800 Rinder- und Schweinezüchtern, rechnet seit nun 10 Jahren Hoftor-Bilanzen. Die zu Beginn der Berechnungen festgelegten Voraussetzungen, um die landwirtschaftliche Produktion nachhaltig zu gestalten, waren eine positive Energiebilanz, eine ausgeglichene Gesamtnährstoffbilanz und eine bis zu einem Optimum gesteigerte Bodenfruchtbarkeit (Stoll et al. 1996). Neben diesen landesweit zu erfüllenden ökologischen Kriterien der Nachhaltigkeit waren aber auch die wirtschaftliche und sozialgerechte Entlohnung der Arbeit in der Landwirtschaft von besonderer Wichtigkeit.

Die grossen Unterschiede zwischen den Betrieben bezüglich Standort, Produktionsrichtung, Bodenfruchtbarkeit aber auch Managementfähigkeit der Landwirte haben zwangsläufig einen erheblichen Einfluss auf die Resultate der Bilanzen. Dies gilt auch für die Verbesserungspotentiale im Hinblick auf die Effizienz des Betriebsmitteleinsatzes (Dünger und Futtermittel vor allem). Um die Arbeit auf dem Gebiet der Stoff- und Energieflüsse standortgerechter zu gestalten und die Ergebnisse der Betriebe nach homogenen Kriterien beurteilen zu können, wurden somit weitestgehend betriebsspezifische statt pauschale Zielwerte der Nachhaltigkeit erarbeitet.

Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit den Kriterien, die zur Festlegung der Zielwerte unter Betrachtung der spezifischen Standort- und Betriebsbedingungen geführt haben.

2 Material und Methoden

Die luxemburgische Landwirtschaft wird durch eine verhältnismäßig hohe Viehbesatzdichte (1,8 GVE/ha) mit einer durchschnittlichen Futterfläche von 78 % der LNF (Tab.1) bestimmt. Diese stark viehbetonte Landwirtschaft charakterisiert sich weiter durch die Vielfalt der auf den Betrieben vorhandenen Produktionsrichtungen und deren Kombinationen.

Landw. Nutzfläche 98 ha	Anteil Dauergrünland 52 %	Anteil Futterfläche 78 %	GVE/ha 1,8
N-Saldo 137 kg N/ha	P-Saldo 24 kg P ₂ O ₅ /ha	K-Saldo 31 kg K ₂ O/ha	Energiebilanz 3 GJ/ha

Tabelle 1: Kennzahlen der bilanzierten Betriebe (Durchschnitt 1996-2000, n=173)

Die vorgelegten Ergebnisse basieren auf der jährlichen Datenerhebung zur Durchführung von Energie- und Nährstoffbilanzen berechnet auf Hoftor-Basis auf 240 Betrieben sowie zur Erstellung von Humusbilanzen mittels Düngeplan auf 120 Betrieben. Die Auswertung bezieht sich jedoch auf Betriebe, für die ein mehrjähriger Durchschnitt berechnet werden konnte.

¹ eMail: abstract-vdlufa2002@kukm.de

3 Zielwerte und Diskussion

3.a Stickstoffbilanz

Die durchschnittliche NBilanz der HL-Betriebe für den Zeitraum 1996-2000 beträgt 137 kg N/ha. In dieser Bilanz wurde die N-Fixierung nicht berücksichtigt, da der Anbau von Körnerleguminosen schwindend klein und der Anteil an Klee im Grünland sehr gering ist (weniger als 5%). Somit handelt es sich um eine Bilanz, die nach Kleinhanß (1994, zitiert in Isermann 1998) die dritthöchste Bilanz landesweit in der EU ist. Die Reduzierung der N-Überschüsse stellt die Berater aus verschiedenen Gründen vor eine grosse Herausforderung. Neben unvermeidbaren Verlusten stellen oft ökonomische Sachzwänge gravierende Hindernisse dar, die NSalden innerhalb annehmbarer Grenzen zu halten (Stoll et al. 2000).

Zur Begrenzung der Überschüsse wurden tolerierbare Verluste sowohl in der Pflanzenproduktion als auch in der Tierproduktion definiert. Im Bereich Pflanzenproduktion wird standortunabhängig ein Höchstsaldo von 40 kg N/ha festgelegt. Dieser Wert versteht sich als mittlerer Verlust zwischen Standorten mit besseren und mit schlechteren Bedingungen, so wie dies in Arbeiten anderer Autoren (Breitschuh et al., 2000) der Fall ist. Der Wert von 40 kg N/ha in der Pflanzenproduktion ist nicht als Zielwert sondern als oberer Toleranzwert anzusehen.

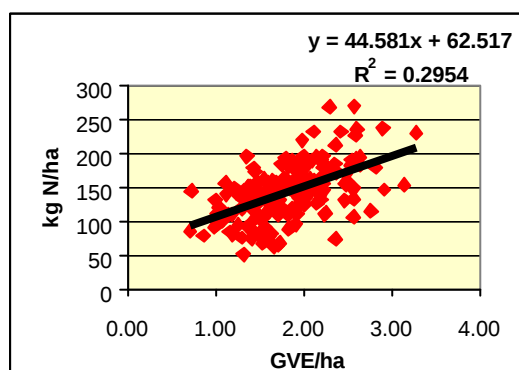


Abbildung 1: Korrelation zwischen N-Saldo und Viehbesatzdichte (n=173)

In der Tierproduktion hat sich die Arbeit des HL zur Festlegung des Toleranzbereiches für die N-Verluste auf die Viehbesatzdichte konzentriert. Zentral in dieser Angelegenheit ist die Tatsache, dass der N-Saldo mit Zunehmen des Viehbesatzes statistisch signifikant steigt (vgl. Abb. 1). Als maximale Obergrenze für die Verluste der Tierproduktion (gasförmige Verluste) wurde ein Niveau von 40 % der Ausscheidung einer GVE angesetzt, unter der Annahme, dass diese GVE 85 kg N/Jahr ausscheidet (entsprechend in etwa der Ausscheidung einer Milchkuh mit einer jährlichen Leistung von 7000 kg, umgerechnet auf GVE = 500 kg

Lebendgewicht). Daraus ergibt sich ein Verlustniveau von 35 kg N/GVE und Jahr. Die 40 % Verluste in der Tierproduktion lehnen sich an die maximalen Verluste der bundesdeutschen DüVO (1996) an, wobei letztere für den Fall der Festmistform gelten. Diese wurden jedoch auch für Betriebe mit Güllewirtschaft herangezogen, weil die DüVO für den Weidegang (in Luxemburg sehr verbreitet) dasselbe Verlustniveau der jeweiligen Düngeform unterstellt, was aber fraglich ist.

Aus der Festlegung der Toleranzbereiche für die Pflanzen- und für die Tierproduktion ergibt sich eine Gleichung zur Festlegung des gesamtbetrieblichen Toleranzbereiches für die N-Verluste:

$$\text{N-VERLUST (kg N/ha)} = 40 \text{ kg N/ha} + 35 \text{ kg N} \cdot \text{GVE/ha}$$

Bei Einhaltung dieses Toleranzbereiches würde sich der durchschnittliche N-Überschuss in Luxemburg von 137 auf 97 kg N/ha verringern, entsprechend einer Reduzierung der mineralischen N-Düngung von etwa 1,5 dt KAS/ha.

Der hier vorgelegte Ansatz zur Festlegung des Zielwertes für die Stickstoffbilanz stellt kein schlichtes ökologisches Optimum dar, sondern ist eher als Kompromiss

zwischen den Umweltanforderungen und den für die luxemburgische Landwirtschaft geltenden ökonomischen Rahmenbedingungen zu verstehen. Bei Veränderungen der bestehenden Rahmenbedingungen zugunsten der Umweltanforderungen wäre diese Gleichung zu überprüfen.

3.b Phosphor- und Kaliumbilanz

Die Festlegung der Zielwerte für Phosphor und Kalium kann nur unter Berücksichtigung der Bodenversorgung des Betriebes stattfinden (Breitschuh et al. 2000, Hege 1998). Als Ausgangspunkt gelten diesbezüglich die durchschnittlichen Bodenwerte an Phosphor und Kalium in Luxemburg (Tab. 2), berechnet für 86 Betriebe (entsprechend etwa 6 % ca. der landwirtschaftlichen Nutzfläche Luxemburgs) im Zeitraum 1999-2001. Die Bodenwerte befinden sich in der oberen Versorgungsstufe C nach LUFA-Speyer (**Abschnitt C bei 5,3 bis 8,9 mg P und bei 10 bis 16,6 mg K in 100 g Boden**).

Anzahl Betriebe	86
Durchschn. landwirtsch. Nutzfl.	93,8
Landwirtsch. Nutzfl. gesamt	8067
mg P/100 g Boden	7,9
mg K/100 g Boden	15,4

Tabelle 2: Bodenversorgung an P und K von 86 Betrieben, Durchschnitt 1999-2001.

Aufgrund des optimalen durchschnittlichen Bodengehaltes ist nach dem VDLUFA-Konzept eine Düngung nach Entzug möglich und erstrebenswert.

Tab. 3 gibt ihrerseits Aufschluss über die Verteilung der Betriebe nach durchschnittlichen

Bodengehaltsklassen. Fast 100% der Betriebe befinden sich in den Abschnitten B, C und D, so dass bei der Festlegung der Zielwerte die extremen Gehaltsklassen unberücksichtigt bleiben können.

Ausserdem ist die Betrachtung unvermeidbarer Standortverluste an P und K wichtig. Diese sind für Phosphor sehr gering (max. 2 kg P_2O_5 /ha, Finck 1979 sowie Scheffer und Schachtschabel 1984) und für Kalium auf leichten Standorten im Mittel 20 kg K_2O /ha (Scheffer und Schachtschabel 1984, LWK-Bonn 1995).

Die festgelegten Zielwerte für P und K sind abhängig von den Bodengehaltsklassen und sind aus Tab. 4 zu entnehmen. Heraus ist ersichtlich, dass die Grenzen für die P- und K-Salden im Vergleich zu andere Autoren (Eckert und Breitschuh 2000 sowie Hege 1998) im Fall der Versorgungsstufe C sehr eng gezogen wurden. Verschiedene Forschungsarbeiten (Werner 1995, Kerschberger u. Richter 1992, Jungk et al. 1993) belegen, dass durch andauernde P- und K-Überschüsse die Bodengehalte (mg P bzw. K in 100 g Boden, CAL- bzw. DL-Methode) unweigerlich steigen. Beim Beibehalten der aktuellen P- bzw. K-Überschüsse (Tab.1) wäre in einer Zeitspanne von 10 bis max. 15 Jahren (nach Vetter et al. 1989) im Durchschnitt aller Betriebe die P- und K-Versorgungsstufe D erreicht. Die meisten Betriebe könnten dann aber aufgrund ihres Viehbesatzes nicht mehr in die Versorgungsstufe C zurückkehren, es sei denn unter der Bedingung der Abgabe von organischen Düngern. Diese Situation sollte mit der Festlegung engerer Toleranzbereiche vorgebeugt werden.

Versorgungsstufe	Phosphor	Kalium
	% Betriebe	
A	0	0
B	16	1
C	51	75
D	32	24
E	1	0
Alle (n=86)	100	100

Tabelle 3: Verteilung der Bodengehaltsklassen von 86 Betrieben 1999-2001

Bodengehaltssklasse	B	C	D
Zielwert (kg/ha)	Toleriert	Optimum	Toleriert
P-Saldo (P_2O_5)	<25	±5	>-25
K-Saldo (K_2O)	<50	±20	>-50

Tabelle 4: Zielwerte für die P- und K-Bilanzen abhängig von der Bodengehaltssklasse

Die Werte der Tabelle 4 können nur für die Betriebe angewendet werden, die eine Viehbesatzdichte unter 1,8-2,0 GV/ha aufweisen. Für Betriebe oberhalb dieser Viehbesatzdichte ist es nicht möglich, im Fall einer optimalen Versorgungsstufe, das Optimum einzuhalten, da auch ohne Zukauf von Mineraldüngern der Saldo über dem anzustrebenden Bereich liegt. Für diese Betriebe (25% der P-Bilanzen und 20% der K-Bilanzen) wird eine Überschreitung des Optimum in Höhe des Teilsaldo ohne mineralische Düngung (Lioy et al. 2001) toleriert. Dies bedeutet, dass bei diesen Betrieben die Grunddüngung ausschliesslich mit organischen Düngern durchgeführt werden sollte. Beim Überschreiten eines Teilsaldos von 20 kg P_2O_5 /ha wird jedoch empfohlen, analog zum holländischen MINAS-System (2002), wirtschaftseigene Dünger abzugeben.

3.c Humusbilanz

Für die Hälfte der an der Beratung angeschlossenen HL-Betriebe werden auch Düngepläne erstellt. Anhand des Düngeplans ist es möglich, eine Humusbilanz (Methode nach Leithold et.al. 1997) für den jeweiligen Betrieb zu berechnen und somit die Humusversorgung zu beurteilen. Bisher konnten die Humusbilanzen von 80 Betrieben während der Jahre 1999-2001 ausgewertet werden. Die Ergebnisse der Humusbilanzierung sind in der Tab. 5 dargestellt.

Versorgungsgrad %	Durchschnitt 1999-2001		
Alle Betriebe (n=80)	120		
Betriebe im Gutland (n=64)	106		
Betriebe im Ösling (n=16)	175		
Versorgungsgrade	<90%	90-110%	>110%
% Alle Betriebe	45	14	41
% Betriebe im Gutland	48	14	38
% Betriebe im Ösling	31	13	56

Tabelle 5: Humusbilanzierung von 80 HL-Betrieben

Aus der Tabelle 5 geht hervor, dass die Humusversorgung im Durchschnitt aller Betriebe bei 120% liegt. Diese Zahl zeigt, dass ausreichend organische Substanz bei den ausgewerteten Betrieben vorhanden ist, um eine hinreichende Humusversorgung zu sichern. Der obere Teil der Tabelle zeigt auch die regionalen Unterschiede in der Humusbilanz: Die Betriebe im Ösling (Eifel-Ardennengebiet im Norden Luxemburgs) haben einen durchschnittlich höheren Versorgungsgrad an Humus im Vergleich zu den Betrieben im Gutland (Süden des Landes, etwa 2/3 der Landesfläche).

Aus dem unteren Teil der Tabelle ist zu entnehmen, dass in Wirklichkeit die Verteilung der Betriebe nach Versorgungsgrad sehr unterschiedlich ist, wenn man die einzelnen Versorgungsabschnitte mit dem Durchschnitt vergleicht. So sind 45% aller untersuchten Betriebe mit Humus unterversorgt, und die Anzahl der Betriebe im Gutland mit Humusunterversorgung steigt auf 48%, während die entsprechende Anzahl im Ösling lediglich 31% beträgt. Massgeblich für diesen regionalen Unterschied ist die Tatsache, dass im Ösling der Anteil vom Wechselgrünland

(Feldfutter) an der Anbaufläche deutlich höher ist als im Gutland, wo generell fast das gesamte Grünland als Dauergrünland bewirtschaftet wird. Somit entfällt für die meisten Betriebe des Gutlands die positive Vorfruchtwirkung des Feldfutters im Ackerbau. Hier bestehen Fruchtfolgen sehr oft nur aus humuszehrenden Getreidearten und Silomais.

In Tab. 6 sind die Zielwerte der Humusbilanz wiedergegeben. Nach Hülsgen und Kalk (1999) ist eine ausgeglichene Humusbilanz bei einem Versorgungsgrad von 90 bis 110% gegeben. Die Begrenzung nach oben rechtfertigen die Autoren mit der Begründung, dass mit der Zunahme des Humussaldos die Gefahr von hohen Mineralisierungspotentialen (Auswaschungsgefahr) grösser wird.

1) Betriebe mit Feldfutteranteil an der Ackerfläche <20%	
Humus-Versorgungsgrad	Zusatzkriterium N-Bilanz
100% ± 10%	Wenn N-Saldo nicht im Soll
90% bis 130%	Wenn N-Saldo im Soll
2) Betriebe mit Feldfutteranteil an der Ackerfläche >20%	
Humus-Versorgungsgrad	Zusatzkriterium N-Bilanz
90% bis 130%	Wenn N-Saldo nicht im Soll
90% bis 150%	Wenn N-Saldo im Soll

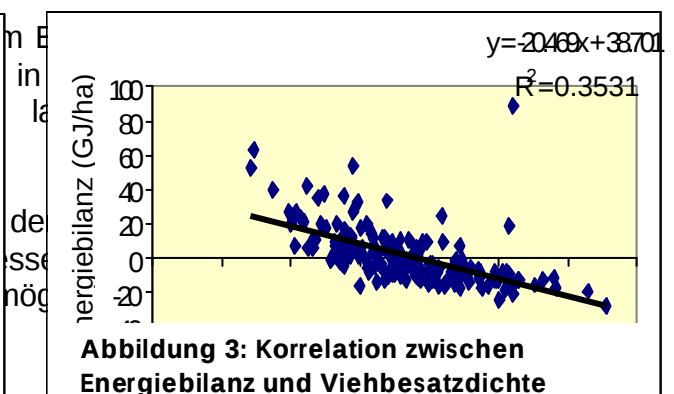
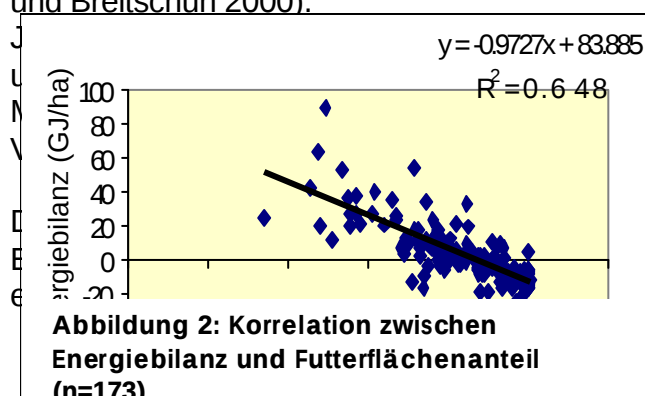
Tabelle 6: Zielwerte für die Humusbilanzierung

Der Mindestzielwert von 90% gilt, der Tab. 6 nach, für alle HL-Betriebe. Bezüglich der Begrenzung der Humusversorgung nach oben war die Beobachtung massgeblich, dass Betriebe mit hohem Feldfutteranteil schon aufgrund der Wirtschaftsweise sehr hohe Versorgungsgrade haben (z.B. Betrieb im Ösling, vgl. Tab. 5).

Die vorgeschlagene Lösung für die Zielwerte der Humusbilanzierung sieht eine Staffelung der Humusversorgung nach oben in Abhängigkeit des Feldfutteranteils und der Stickstoffbilanz. Der höchstmögliche Wert ist ein Versorgungsgrad von 150 % (analog zu Kerschberger und Franke, 2001), wenn der Betrieb mit einem hohen Anteil an Feldfutter (mindestens 20%) bezogen auf die Ackerfläche wirtschaftet, und gleichzeitig eine ausgeglichene N-Bilanz (Punkt 3.a) aufweist. Ist die N-Bilanz nicht ausgeglichen, so besteht ein Abschlag von 20 Prozent-Punkten (d.h.: obere Begrenzung auf 130%). Ebenso wird bei den Betrieben vorgegangen, die mit wenig (max. 20% der Ackerfläche) oder gar keinem Feldfutteranbau wirtschaften: Ist die N-Bilanz im Soll (Punkt 3.a), wird ein höherer Versorgungsgrad (max. 130%) geduldet als bei einer überschüssigen N-Bilanz (max. 110%).

3.d Energiebilanz

Seit Anfang der Berechnungen zielte die HL-Beratung mit dem Instrument Energiebilanz auf das Erreichen eines Netto-Energiegewinns (Energieoutput grösser als der Input). Ein solches Ergebnis kann jedoch nicht immer erreicht werden (Eckert und Breitschuh 2000).



ökonomischen Gründen nicht durchführbaren Massnahmen wie die Abstockung des Viehbestandes bzw. die Reduzierung der Futterfläche absieht. Aus diesem Grund müssen in Abhängigkeit der Futterfläche bzw. des Viehbesatzes für die einzelnen Betriebe realisierbare Ziele festgelegt werden (Tab. 7). Standortabhängige Zielwerte für die Energiebilanz sind u.a. bei Kalk u. Hülbergen (1997) zu finden.

Soll-Fossilenergie(FE)-Salden in Abhängigkeit vom Anteil Futterfläche und vom GVE-Besatz				
SOLL-FE-Saldo	>-10	>0	>15	>30
Bedingungen:				
Anteil Futterfläche	100%	<100% - >80%	<80% - >70%	<70%
	oder			oder
GVE/ha	>2.5	-	-	<1.0
IST-FE-Salden von 150 HL-Betrieben – Durchschnitt 96-00 gemessen am Zielsaldo				
SOLL-FE-Saldo	>-10	>0	>15	>30
n (alle=150)	17	78	36	19
n im Soll	18%	23%	22%	26%
Mittelw. Energiesaldo	-13	-6	11	24
Mittelw. GVE/ha	2.29	1.96	1.61	1.27

Tabelle 7: Soll-Fossilenergie(FE)-Salden abhängig von Futterflächenanteil und GVE-Besatz

Massgeblich für die Festlegung der Zielwerte für die Energiebilanz ist der Futterflächenanteil. Zusätzlich, für Betriebe mit sehr hoher oder niedriger Viehbesatzdichte, wird die GVE/ha-Zahl herangezogen. Lediglich für Betriebe mit 100% Futterflächenanteil bzw. mit Viehbesatzdichten höher als 2,5 GVE/ha wird ein maximaler Energieverlust (Fossilenergie) von 10 GJ/ha festgelegt. Bei den anderen Betrieben zielen die Sollsalden auf Energiegewinn (>0, >15 und >30 GJ/ha), und zwar in einem Mass, das vom Veredelungsgrad abhängig ist.

Aus der Tab. 7 (unterer Bereich) ist auch das Resultat der HL-Betriebe gemessen am Zielsaldo zu entnehmen. Je nach Betriebsgruppe befinden sich zwischen 18 und 26 % der Betriebe im Soll. Auf eine Begrenzung nach oben wird verzichtet, dennoch werden Betriebe mit dem höheren Gewinnpotential verstärkt auf ihre Humusbilanz aufmerksam gemacht, da mit geringerer Futterfläche und Viehbesatzdichte die Wahrscheinlichkeit einer Unterversorgung an Humus zunimmt.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Eine umfassende Analyse der jährlich erstellten 240 Energie- und Nährstoffbilanzen sowie 120 Humusbilanzen (nach Düngeplanung) hat hervorgebracht, dass die Verbesserungspotentiale der Betriebe im Hinblick auf den effizienten Einsatz von Betriebsmitteln (vor allem Futter- und Düngemittel) aufgrund der Abhängigkeit von vielen Ausstattungs- und Standortfaktoren sehr unterschiedlich sind. Wesentlichen Einfluss auf die Möglichkeiten der Reduzierung von Nährstoffüberhängen sowie von Missständen im Energie- und Humusbereich haben die Produktionsrichtung (veredelungs- oder pflanzenproduktionsbetonte Betriebe) sowie Standortfaktoren wie die Bodengehalte an Phosphor- und Kalium, Niederschläge und die Anbauverhältnisse (Fruchtfolge). Bei der praktischen Beratungsarbeit hat dies zur

Festlegung unterschiedlicher Zielwerte der Nachhaltigkeit für die einzelnen Betriebe und Betriebskategorien geführt.

Die Festlegung von Zielwerten der Nachhaltigkeit hat sich nicht einfach an das ökologische Optimum des jeweiligen Bereiches zu orientieren sondern muss auch andere Gegebenheiten wie der ökonomische Rahmen mit berücksichtigen. Nachhaltigkeit entsteht somit aus dem Versuch eines ständig besseren Einklanges zwischen ökologischen und ökonomischen Zielen zu erreichen. Aus diesem Grund sind die hier vorgelegten Zielwerte nicht als absolut zu betrachten. Bei einer grundlegenden Änderung der ökonomischen und sozialen Rahmenbedingungen, die zur Festlegung der aktuellen Zielwerte geführt haben, wird auch eine Anpassung der Zielwerte notwendig sein.

5 Literatur

- ANONYM (2002): Minas en Milieu – Balans en Verkenning. Rijksinstituut voor Volksgezondheid milieu (NL)
- BREITSCHUH G., H. ECKERT, H. KUHAUPT, G. ULRICH, D. SAUERBECK, S. ROTH (Autoren): Erarbeitung von Beurteilungskriterien und Messparametern für nutzungsbezogene Bodenqualitätsziele. Hrsg. Umweltbundesamt Berlin (2000)
- ECKERT H., G. BREITSCHUH, D. SAUERBECK (2000): Criteria and Standards for Sustainable Agriculture. *Journal of Environmental Quality* 19, 272-280
- FINCK A. (1979): Dünger und Düngung – Grundlagen, Anleitung zur Düngung der Kulturpflanzen. Verlag Chemie
- HEGE U. (1998): Pflanzenernährung und Düngung. In: Pflanzliche Erzeugung, Die Landwirtschaft, Band 1. BLV/Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 107-186
- HÜLSBERGEN, K.-J. und KALK, W.-D.: Ableitung von Indikatoren des Stoff- und Energiehaushaltes und Anwendung in Landwirtschaftsbetrieben. Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (Hrsg.): Landnutzung im Spiegel der Technikbewertung - Methoden, Indikatoren, Fallbeispiele. Tagung Universität Potsdam (1998). *Bornimer Agrartechn. Ber.*, 21(1998), 42-49
- ISERMANN, K. UND R. ISERMANN: Food production and consumption in Germany: N flows and N emissions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 52, 289-301, 1998
- JUNGK A., N. CLAASSEN, V. SCHULZ, J. WENDT: Pflanzenverfügbarkeit der P-Vorräte ackerbaulich genutzter Böden. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 156, 397-406, 1993
- KALK W.-D., HÜLSBERGEN K.-J. (1997): Energiebilanz - Methode und Anwendung als Agrar- Umweltindikator. In: DIEPENBROCK W., KALTSCHMITT M., NIEBERG H., REINHARDT G. (Hrsg.): Umweltverträgliche Pflanzenproduktion - Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen. Zeller Verlag Osnabrück, 31-43
- KERSCHBERGER M. und G. FRANKE (Autoren): Düngung in Thüringen nach „Guter fachlicher Praxis“. Schriftenreihe Heft 11/2001. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
- KERSCHBERGER M. UND D. RICHTER: Einfluss der K-Düngung nach Pflanzenentzug auf den DL-löslichen K-Gehalt des Bodens (Extraktionsmethode nach Egner und Riehm) in Dauerdüngungsversuchen auf Ackerland. *Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde* 36, 177-82, 1992
- LEITHOLD G., HÜLSBERGEN K.-J., MICHEL D., SCHÖNMEIER, H. (1997): Humusbilanzierung – Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: DIEPENBROCK W., KALTSCHMITT M., NIEBERG H., REINHARDT G. (Hrsg.):

Umweltverträgliche Pflanzenproduktion – Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen. Zeller Verlag Osnabrück, 43-55

LIOY R., M. WEBER, T. DUSSELDORF, M. HOFFMANN, D. KLÖCKER (2001): Hoftor- und Flächenbilanzen als Beratungsinstrumente zur Kontrolle der Nährstoffüberschüsse. 113. VDLUFA-Kongress, Kurzfassung des Vortrages im Tagungsband

MUSTER-VERWALTUNGSVORSCHRIFT für den Vollzug der Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (DÜNGEVERORDNUNG) vom 26. Januar 1996 (BGBl. I S.118)

SCHEFFER F. und P. SCHACHTSCHABEL: Lehrbuch der Bodenkunde (11. Auflage). Enke Verlag Stuttgart (1984)

STOLL J., M. HOFFMANN, D. KLÖCKER: New developments and responsibilities in farm management systems. Tagungsband der ICAR-Tagung 23-28 Juni 1996 (Veldhoven, NL), 81-87

STOLL J., M. HOFFMANN, R. LIOY, A. MEYERS, N. SCHMIT-MEYERS, M. WEBER: New criteria to characterize sustainability in farm animal husbandry.

Tagungsband der ICAR-Tagung 14-19 Mai 2000 (Bled, Slowenien), 211-216

VETTER H., A. KLASINK und G. STEFFENS: Mist- und Gülledüngung nach Mass. VDLUFA-Schriftenreihe 19/1989. VDLUFA-Verlag Darmstadt

VON FISCHER D. (Bearbeiter): Empfehlungen für die Düngung von Acker- und Grünland nach Bodenuntersuchung im integrierten und ökologischen Landbau. Landwirtschaftskammer Rheinland (1995)

WERNER W.: "Nährstoffbilanz als Instrument der Düngeberatung". In: Tagungsband "Nährstoffbilanz im Blickfeld von Landwirtschaft und Umwelt" des Verbandes der Landwirtschaftskammern e.V. und des Bundesarbeitskreises Düngung (BAD), 29.-30.03.1995, Würzburg

Fütterungsstrategien zur Verminderung von Schwermetallgehalten in Wirtschaftsdüngern

Schultheiß, Ute (Darmstadt)¹; Döhler, Helmut; Eckel, Henning; Roth, Ursula

1 Einleitung

Spurenelemente haben unterschiedliche Funktionen im Stoffwechsel des Tieres zu erfüllen und werden mit Blick auf die Leistung und die Tiergesundheit dem Futter gezielt zugesetzt, da die nativen Elementgehalte von Futtermitteln häufig nicht für eine optimale Versorgung des Tieres ausreichen. Vom Tier nicht verwertete Spurenelemente werden fast vollständig über die Exkremente ausgeschieden und führen so zu einer Erhöhung der Elementkonzentrationen in Wirtschaftsdüngern. Neben den Futtermitteln und Futterzusätzen können Desinfektionsmittel, Einstreumaterialien sowie Korrosion und Abrieb von Stalleinrichtungen oder Lagerbehältern, Baustoffe und Farben eine Rolle für den Eintrag von Schwermetallen in Wirtschaftsdünger spielen. Von Bedeutung sind in diesem Zusammenhang sowohl die in der Tierernährung eingesetzten essentiellen Elemente Kupfer (Cu) und Zink (Zn) als auch die Elemente Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr) und Nickel (Ni). Die Ausbringung von mit Schwermetallen belasteten Wirtschaftsdüngern kann ein Risiko für landwirtschaftlich genutzte Böden darstellen und steht nicht im Einklang mit einem vorsorgenden Schutz des Bodens.

Ziel dieses Beitrages ist es, die Schwermetallgehalte von Wirtschaftsdüngern zu beschreiben, die Ursachen hierfür zu erläutern sowie Möglichkeiten von Seiten der Fütterung zur Verminderung des Schwermetalleintrags darzustellen.

Angesichts der erhöhten Schwermetallgehalte in Wirtschaftsdüngern veranstaltete das KTBL einen Workshop (23./24.04.2002 in Göttingen), um den Wissensstand zum Spurenelementbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, zu Spurenelementgehalten in Futtermitteln und zu Schwermetallgehalten in Wirtschaftsdüngern zu dokumentieren (KTBL 2002). Weiterhin sollte die Machbarkeit einer Verringerung der Spurenelementversorgung der Nutztiere evaluiert werden. Hierbei galt es insbesondere, mögliche Hemmnisse für eine praktische Umsetzung aufzuzeigen. Die Ergebnisse und die im Rahmen des Workshops geführte Diskussion liegen diesem Beitrag zugrunde.

2 Schwermetallgehalte in Wirtschaftsdüngern

Im Rahmen des vom Umweltbundesamt finanzierten Projektes „Schwermetallströme in landwirtschaftlichen Tierproduktionsbetrieben“ (vgl. SCHULTHEISS et al. 2002a, b, FRÜCHTENICHT 2002, KÜHNEN et al. 2002) wurden in Futtermitteln und Wirtschaftsdüngern Untersuchungen auf die Elemente Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn durchgeführt und Stallbilanzen berechnet. Die genannten Elemente wurden betrachtet, da diese umweltpolitische Relevanz mit Regelungen in der Klärschlamm-, Bioabfall- und Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung besitzen.

Die Schwermetallgehalte in Wirtschaftsdüngern zeigen große Schwankungsbreiten (Tab. 1, vgl. DÖHLER et al. 2002). Wirtschaftsdünger aus der Schweine- und z. T. auch aus der Geflügelhaltung weisen höhere Konzentrationen an Cu und Zn auf als diejenigen aus der Rinderhaltung. Dies zeigt sich sowohl in der Datenbank für organische und mineralische Abfälle (KTBL 2000) als auch für im UBA-Projekt

¹ eMail: u.schultheiss@ktbl.de

ermittelten Werte. Insbesondere für Cu und Zn werden in Ferkelgülle hohe Gehalte gegenüber anderen Wirtschaftsdüngern festgestellt (KÜHNEN et al. 2002). Für die übrigen Schwermetalle und v. a. bei Cr zeigen sich vereinzelt höhere Gehalte im Vergleich der einzelnen Wirtschaftsdünger.

Tab. 1: Schwermetallgehalte von Wirtschaftsdüngern; Datenbank (KTBL 2000) und Ergebnisse des UBA-Projektes „Schwermetallströme in landwirtschaftlichen Tierproduktionsbetrieben“ (vgl. ROTH et al. 2002)

Wirtschaftsdünger	n	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
mg kg ⁻¹ TM							
Datenbank ¹							
Rindergülle	130-135	0,3 (0,1-1,7)	5,3 (1,2-61)	37 (12-284)	6,2 (1,7-57)	4,1 (1,5-75)	190 (52,3-550)
Rindermist	5	0,3	3,7	35	6,1	3,2	161
Schweinegülle	35-37	0,5 (0,2-4,0)	6,9 (1,5-31)	184 (21-559)	8,1 (1,8-16,8)	4,8 (1,7-39)	647 (111-1 632)
Hühnergülle	4	0,3	6,4	68	6,2	5,1	466
Hühnerkot	5	0,2	3,3	45	4,7	2,9	371
Ergebnisse UBA-Projekt							
Gülle Milchkühe ²	6	0,4	6,3	51	5,3	7,8	306
Gülle Milchkühe ³	20	0,2	3	68	7,1	2,5	250
Rindergülle ²	6	0,4	6,0	48	6,5	8,6	221
Rindergülle ⁴	70	0,4	8,1	32	5,8	6,7	188
Schweinegülle ⁴	33	0,4	6,1	499	9,9	4,9	1 517
Schweinegülle ²	10	0,2	7,7	526	11,1	2,0	1 251
Schweinemist ⁴	21	0,4	10,7	137	4,1	2,4	398
Schweinemist Vormast ⁴	7	0,4	24,8	153	2,6	1,7	604
Schweinemist Endmast ⁴	6	0,3	67,3	93	8,4	4,3	411
Hühnermist ²	8	0,2	9,8	45	8,2	2,4	430
Hühnermist ⁴	6	0,3	10,8	69	5,9	13,6	453
Putenmist ²	5	0,2	25,0	130	12,2	2,3	558
Putenmist ⁴	15	0,3	3,1	173	4,2	1,8	179

¹ KTBL (2000); Klammerwerte: ermittelte Wertespannen

UBA-Projekt: ² LUFA OLDENBURG (2001) ³ UHLEIN (2001) ⁴ IPE BONN (2001)

3 Spurenelementgehalte in Futtermitteln

Futtermittel stellen von den o.g. Eintragsquellen den bedeutsamsten Pfad für Schwermetalleinträge in Wirtschaftsdünger dar. Die Grundfuttermittel weisen in der Regel geringe Spurenelement- bzw. Schwermetallgehalte im Vergleich zu Milchleistungs- und Rindermastfutter auf (Tab. 2 und 3, vgl. LÜPPING 2002, ROTH et

al. 2002). Die Gehalte der Elemente Cd, Cr, Ni und Pb sind in Grundfuttermitteln niedrig; so wurden für Cd und Pb, die als unerwünschte Stoffe futtermittelrechtlich geregelt sind, Gehalte unterhalb der in der Futtermittelverordnung festgelegten Grenzwerte (vgl. PETERSEN 2002) ermittelt. Lediglich in Kraft- und Sojafuttermitteln fallen hohe Ni-Gehalte gegenüber Grundfuttermitteln auf, bei Sojafuttermitteln werden auch erhöhte Cr-Konzentrationen festgestellt (ROTH et al. 2002). Hohe Schwankungsbreiten werden insbesondere für Milchleistungs- und Rindermastfutter festgestellt (Tab. 3, VFT 1996). Die angegebenen Maximalwerte überschreiten mit 49 bzw. 514 mg kg⁻¹ Futter sowohl für Cu als auch für Zn die derzeit gültigen Höchstgehalte (Cu: 35 mg kg⁻¹ Alleinfuttermittel; Zn: 250 mg kg⁻¹ Alleinfuttermittel).

Tab. 2: Mittlere Kupfer- und Zinkgehalte in Gras- und Maissilagen (Analyseergebnisse LUFA Oldenburg 1997-2000)

Silage	Cu mg kg ⁻¹ TM	Zn
Grassilage (n = 1200)	8,1 (3,1-17,1)	38 (18-110)
Maissilage (n = 102)	4,4 (2,8-7,7)	36 (22-71)

Klammerwerte: ermittelte Wertespannen

Tab. 3: Mittlere Kupfer- und Zinkgehalte in Milchleistungs- und Rindermastfutter (VFT 1996)

Futtermittel	Cu mg kg ⁻¹ TM	Zn
Milchleistungsfutter (n = 431)	14,2 (4,2-48,8)	87 (37-514)
Rindermastfutter (n = 26)	17,2 (6,8-50)	113 (46-643)

Klammerwerte: ermittelte Wertespannen

Für die Schweinehaltung sind die im UBA-Projekt ermittelten Konzentrationen an Cu und Zn im Ferkelaufzucht- und Mastschweinefutter (Tab. 5) vergleichbar mit Ergebnissen von MEYER (2002) und Routineanalysen der LUFA OLDENBURG (1997-2000; Tab. 4). Die in Tabelle 4 angegebenen Konzentrationsspannen machen deutlich, dass die derzeit gültigen Grenzwerte der Futtermittelverordnung für Cu und Zn (vgl. Tab. 8 und 9, PETERSEN 2002) nicht immer eingehalten werden. Tendenziell werden die zulässigen Höchstwerte ausgeschöpft, obwohl die Versorgungsempfehlungen (vgl. Tab. 6) deutlich darunter liegen. Hohe Cu-Gaben in Ferkelaufzuchtfuttern zielen auf den leistungssteigernden Effekt, der Cu bei Konzentrationen zwischen 150 und 250 mg kg⁻¹ TM zugeschrieben wird (FLACHOWSKY 2002).

Tab. 4: Kupfer- und Zinkgehalte von Futtermitteln in der Schweinehaltung

Futtermittel	n	Cu mg kg ⁻¹ TM	Zn
Ferkelaufzuchtfutter ¹	27	152 (39-195)	211 (132-281)
Mastschweinefutter ¹	10	27,5 (21-35)	143 (100-206)
Ferkelaufzuchtfutter ²	Cu 52 / Zn 20	129 (7-210)	225 (16-389)
Schweinefutter (außer Ferkelaufzuchtfutter) ²	Cu 102 / Zn 16	30 (7-67)	146 (99-209)

¹ MEYER (2002)

Klammerwerte: ermittelte Wertespannen

² LUFA OLDENBURG (1998-2001)

Die Gehalte der unerwünschten Schwermetalle Cd und Pb liegen in den untersuchten Schweinefuttermitteln (Tab. 5) unterhalb der Grenzwerte der

Futtermittelverordnung (vgl. PETERSEN 2002). In den geprüften Mischfuttermitteln (Mineralstoffzusätzen) zeigen sich gegenüber den anderen untersuchten Futtermitteln hohe Konzentrationen an Cd, Cr, Ni und Pb, die sich offenbar auf Verunreinigungen der Rohstoffe mit diesen Metallen zurückführen lassen.

Tab. 5: Schwermetallgehalte von Futtermitteln in der Schweinehaltung; Ergebnisse UBA-Projekt

Futtermittel Schweinehaltung	n	Cd mg kg ⁻¹ TM	Cr mg kg ⁻¹ TM	Cu	Ni	Pb	Zn
Ferkel Starter ¹	6	0,04	2,6	135	3,0	0,3	203
Endmast Mischfutter ¹	8	0,04	1,7	32	1,7	0,3	189
Mischfutter Prestarter ²	6	0,2	1,0	101	1,0	0,1	201
Mischfutter Ferkel ²	8	0,1	1,2	115	1,7	0,5	195
Mischfutter Endmast ²	7	0,1	1,3	31	1,2	0,5	143
Mineralstoffzusatz Mastschweine ²	4	0,8	17,8	818	16,6	3,7	4 812
Mineralstoffzusatz Sauen extra ²	6	2,3	69,5	620	14,1	7,7	3 904

¹ LUFA OLDENBURG (2001)

² IPE BONN (2001)

In der Geflügelhaltung ist ähnlich wie in der Schweinehaltung die Tendenz zur Versorgung mit Cu und Zn über die Versorgungsempfehlungen (Cu: 6-8 mg kg⁻¹ Alleinfutter; Zn: 30-70 mg kg⁻¹ Alleinfutter) hinaus zu beobachten (vgl. ROTH et al. 2002).

4 Spurenelementversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere

4.1 Versorgungsempfehlungen

Die Absorption von Spurenelementen im Tier wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst, z. B. Wertigkeit und Bindungsform der Elemente, Antagonisten, Futterzusammensetzung und -behandlung sowie physiologische Faktoren (FLACHOWSKY 2002). Die Unsicherheit der qualitativen, v. a. aber der quantitativen Einschätzung dieser Faktoren in konkreten Fütterungssituationen ist die Ursache für Sicherheitszuschläge bei der Herleitung von Versorgungsempfehlungen. Unter Berücksichtigung physiologischer Funktionen der Spurenelemente und einer angenommenen mittleren Absorption sowie verschiedener Sicherheitszuschläge wurden Empfehlungen zum Bruttobedarf abgeleitet (Tab. 6; FLACHOWSKY 2002, SCHENKEL und FLACHOWSKY 2002).

Tab. 6: Empfehlungen zur Spurenelementversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere (nach Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) und National Research Council (NRC), dargestellt für Cu und Zn); in: FLACHOWSKY (2002), verändert

Spurenelement	Wiederkäuer	Schwein mg kg ⁻¹ T	Geflügel
Cu	4-16	4-10 ergotroper Effekt: 150-250	6-8
Zn	20-65	40-100	30-70

4.2 Aspekte einer hohen Spurenelementsupplementierung

Zink und Kupfer sind essentielle Spurenelemente und zugleich in hohen Dosierungen toxische Schwermetalle. Insbesondere in der Ferkelfütterung erfolgen Dosierungen

von Zn und Cu über die Versorgungsempfehlungen hinaus zur Prophylaxe von Durchfallerkrankungen und zur Leistungssteigerung; die Wirkung beruht auf dem bakteriziden Effekt dieser Schwermetalle im Verdauungstrakt und beginnt erst bei hohen Dosierungen nahe an der Toxizität für das Tier. Diese unphysiologisch hohe Zufuhr führt zu Akkumulationen in Organen und Störungen des Fe-Stoffwechsels (WINDISCH und ROTH 2000). Zum anderen begrenzen homöostatische Kompensationsreaktionen des tierischen Organismus den Übertritt von bedarfsüberschreitenden Mengen an Zink und Kupfer aus dem Verdauungstrakt in das Körperinnere. Somit werden bedarfsüberschreitende Mengen in großen Anteilen über den Kot ausgeschieden (WINDISCH 2002). Weitere Wirkungen bei Verabreichung bedarfsüberschreitender Spurenelementgaben zeigt Tabelle 7 (SCHENKEL 2002 a).

Tab.7: Wirkungen einer über den Bedarf hinausgehenden Spurenelement-supplementierung (SCHENKEL 2002 a)

Element	Effekte	Tierart
Kupfer	Wachstum, Futterverwertung (Kotkonsistenz) Senkung von Cholesterin in Eiern und Fleisch Senkung von Cholesterin, Fettsäuremuster	Schwein Geflügel (Versuchsstadium) Rind, Milchkuh (Versuchsstadium)
Zink	Wachstum, Futterverwertung Durchfallprophylaxe/-behandlung Eutergesundheit, Fruchtbarkeit, Klauengesundheit Glanz, Geschmeidigkeit des Fells	Schwein Schwein, Ferkel Milchkuh Hund, Katze
Selen	Eutergesundheit, Fruchtbarkeit, Vermeidung von Gelenkproblemen	Milchkuh
Mangan	Fruchtbarkeit, Geschlecht der Nachkommen	Milchkuh
Chrom	Muskelfleischanteil Stressresistenz Fruchtbarkeit Nachgeburtverhalten	Schwein (Versuchsstadium) Schwein (Versuchsstadium) Schwein (Versuchsstadium) Milchkuh (Versuchsstadium)

4.3 Rechtliche Regelungen

Spurenelemente werden in einer futtermittelrechtlich zugelassenen Form insbesondere dann supplementiert, wenn

- die Elemente in unzureichender Menge im Futter enthalten sind,
- wenn das Futter Inhaltsstoffe enthält, die die Verwertung der Spurenelemente beeinträchtigen und
- die Elemente in einer schwer verfügbaren Bindungsform vorliegen.

Für Futtermittel und Futterzusatzstoffe wird innerhalb der EU-Kommission eine Herabsetzung zulässiger Höchstwerte für Spurenelemente, die als Futterzusatzstoffe supplementiert werden, diskutiert (PETERSEN 2002). Dies begründet sich in einer möglichen Beeinträchtigung der Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere, einer möglicherweise überhöhten Elementanreicherung in Lebensmitteln tierischer Herkunft sowie einer möglichen Beeinträchtigung der Umwelt infolge eines erhöhten Elementeintrages über die Wirtschaftsdünger (SCHENKEL und FLACHOWSKY 2002). Tabelle 8 und 9 zeigen die derzeit gültigen Höchstwerte gemäß Futtermittelverordnung sowie die vom Ständigen Futtermittelausschuss vorgeschlagenen Werte für Kupfer und Zink. Die zulässigen Höchstwerte beziehen

sich dabei auf die Gesamtration, d. h. auch die nativen Gehalte der Futtermittel sind zu berücksichtigen.

Tab. 8: Derzeit gültige Höchstgehalte für Kupfer in Alleinfuttermitteln nach Futtermittelverordnung und diskutierte Werte (PETERSEN 2002)

Futtermittelverordnung		Vorschlag Ständiger Futtermittelausschuss	
Tierart/Tierkategorie	mg kg ⁻¹	Tierart/Tierkategorie	mg kg ⁻¹
Mastschweine		Schweine	
bis 16. Lebenswoche	175	bis 2 Monate	30
ab 17. Lebenswoche	35	andere	20
Zuchtschweine	35		
Kälber		Kälber	
Milchaustauschfutter	30	Milchaustauschfutter	10
sonstige Alleinfutter	50	sonstige Alleinfutter	15
		andere Rinder	30
Schafe	15	Schafe	15
andere Tierarten/ Tierkategorien	35	andere Tierarten/ Tierkategorien	20

Tab. 9: Derzeit gültige Höchstgehalte für Zink in Alleinfuttermitteln nach Futtermittelverordnung und diskutierte Werte (PETERSEN 2002)

Futtermittelverordnung	Vorschlag Ständiger Futtermittelausschuss	
	mg kg ⁻¹	
alle Tiere/Tierkategorien 250	Schweine	100
	Rinder	
	Kühe	120
	andere	100
	Pferde	80
	andere	120

5 Möglichkeiten zur Minderung des Schwermetalleintrags in Wirtschaftsdünger

Nachfolgend werden Minderungsmöglichkeiten für den Bereich der Fütterung vorgestellt. Möglichkeiten zur Verminderung sonstiger Eintragsquellen für Schwermetalle werden an anderer Stelle mitgeteilt (SCHENKEL 2002 b, SCHULTHEISS et al. 2002 b).

Futtermittel und Futterzusatzstoffe

Die größten Potenziale für eine Senkung von Schwermetallgehalten in Wirtschaftsdüngern liegen in einer Reduzierung der Kupfer- und Zinksupplementierung in Futtermitteln. Für Futtermittel und Futterzusatzstoffe ist eine

Herabsetzung zulässiger Höchstwerte in der Futtermittelverordnung denkbar. Die derzeit diskutierten Höchstgehalte (Tab. 8 und 9) liegen bei Kupfer und Zink i. d. R. weit oberhalb der Versorgungsempfehlungen (Tab. 6), so dass ausreichend Raum für eine bedarfsgerechte Gestaltung der Gesamtration gegeben ist (vgl. SCHENKEL und FLACHOWSKY 2002) und erhebliche Reduzierungen dieser Spurenelementgehalte in Wirtschaftsdüngern realisierbar sind. Die o. g. Projektergebnisse zeigen, dass sich die Spurenelementkonzentrationen an den zulässigen Höchstwerten der Futtermittelverordnung orientieren. Dieser Sachverhalt weist somit auf das hohe Minderungspotenzial dieser Maßnahme hin.

Futtermittelrechtliche Ansätze zur Reduzierung anderer Schwermetalle bieten die Vorschriften über unerwünschte Stoffe, wie sie für Cd und Pb bereits bestehen. Für Chrom kann auf die Möglichkeit des „Verbots bestimmter Stoffe“ zurückgegriffen werden. Nickel ist derzeit futtermittelrechtlich nicht geregelt (vgl. Petersen 2002). Hohe Konzentrationen an Cd, Cr, Ni und Pb in den untersuchten Mineralstoffzusätzen (Tab. 5) lassen sich auf Verunreinigungen der Rohstoffe mit diesen Metallen zurückführen. Hohe Spurenelementgaben (Cu, Zn) bedingen somit ebenfalls erhöhte Gehalte an anderen Metallen. In der Reduzierung der Cu- und Zn-Supplementierung liegt daher ein bedeutendes Minderungspotenzial für die genannten Elemente. In der Verwendung gering verunreinigter Rohstoffe und einer Optimierung der Verarbeitungsprozesse bestehen somit ebenfalls Möglichkeiten zur Reduzierung von Einträgen v. a. unerwünschter Schwermetalle in Futtermitteln. Für die Umsetzung kommen neben gesetzlichen Regelungen auch Selbstverpflichtungen der Futtermittelindustrie in Frage.

Insgesamt liegen erst wenige Untersuchungsergebnisse aus der Praxis zu den Effekten einer Reduzierung von Spurenelementen in Futtermitteln vor. Praxisversuche, die die Wirkung reduzierter Cu- und Zn-Supplementierung gegenüber derzeit zulässigen Höchstmengen nach Futtermittelverordnung geprüft haben, wiesen für die Ferkelaufzucht (PECHER und MELOSCH 2002) und im Vormastbereich (MEYER 2002) signifikante Nachteile bei den mit Cu- und Zn-reduzierten Rationen auf. Für die Geflügelhaltung wird bei einer Senkung der derzeit gültigen Höchstwerte für Spurenelemente nicht mit negativen Effekten, wie sie im Ferkel- und Mastschweinebereich festgestellt wurden, gerechnet. Für die Rinder- und Milchviehhaltung wird in diesem Zusammenhang häufig auf die Varianz der nativen Spurenelementgehalte verwiesen; systematische Untersuchungen zur leistungsangepassten Fütterung wurden jedoch noch nicht in ausreichendem Maße durchgeführt.

Neben den rechtlichen Regelungen bieten auch Selbstverpflichtungen eine Möglichkeit, Cu- und Zn-Dosierungen in Futtermitteln herabzusetzen. So hat die niederländische Futtermittelindustrie durch eine Vereinbarung mit den Bauernverbänden die Cu- und Zn-Gehalte in Mischfuttermitteln unterhalb der derzeit geltenden EU-Höchstgehalte abgesenkt (BONNIER 2002). Derartige Selbstverpflichtungen könnten sich über Cu und Zn hinaus auch auf andere in Wirtschaftsdüngern nicht erwünschte Schwermetalle beziehen.

Die Sicherstellung einer optimalen Spurenelementversorgung gestaltet sich in der Praxis häufig schwierig. So ist bereits die Bestimmung des tatsächlichen Bedarfs, der von verschiedensten Faktoren abhängt (z. B. Wachstum, Umsatz, Reproduktion, Laktation etc.), mit Unsicherheiten behaftet. Zum anderen weisen die Grundfuttermittel zum Teil erhebliche Spannen der Spurenelementkonzentration auf

(vgl. DURST 2002). Diese Problematik zeigt sich besonders in der Milchviehhaltung (LÜPPING 2002); ideal wären hier einzelbetrieblich angepasste Supplementierungen.

Insgesamt ist auch eine Erhöhung von Spurenelementgehalten durch Futteraufbereitung möglich. Insbesondere bei der Herstellung von Schrotten oder bei der Gärfutterbereitung können sich durch den Abrieb von Metallteilen verschiedene Element-Konzentrationen erhöhen.

Bioverfügbarkeit

Versorgungsempfehlungen und Grenzwerte für Spurenelemente beziehen sich auf die Gesamtration und schließen die nativen Spurenelementgehalte der Grundfuttermittel ein. Diese können einerseits sehr stark variieren, andererseits kann deren Bioverfügbarkeit durch andere Inhaltsstoffe stark beeinträchtigt sein. So zählen Interaktionen mit Phytat zu den quantitativ wichtigsten Störfaktoren der Absorption von Zink und Kupfer in der Praxis (WINDISCH 2002). Von Bedeutung ist dies v. a. in der Schweine- und Geflügelhaltung, die einen hohen Anteil an phytatreichen Grundfuttermitteln (Getreide und Getreideprodukte) aufweisen. Eine bessere Verwertung der nativen Cu- und Zn-Gehalte dieser Futtermittel könnte durch den Zusatz von Phytase erreicht werden, was eine deutliche Verringerung der Cu- und Zn-Supplementierung ermöglichen würde (WINDISCH 2002).

Bei der Supplementierung mit Cu und Zn bieten sich Minderungsmöglichkeiten durch eine verbesserte Bioverfügbarkeit der verwendeten Verbindungen (WINDISCH 2002). Zur Supplementierung werden Spurenelemente gemäß ihrer futtermittelrechtlichen Zulassung als Oxide, Carbonate, Sulfate und Chloride eingesetzt; diese Verbindungen unterscheiden sich in ihrer Bioverfügbarkeit (WINDISCH 2002). In den vergangenen Jahren kamen auch vermehrt organische Cu- und Zn-Quellen, d.h. Aminosäure-Chelate oder Proteinate zum Einsatz, denen eine höhere Bioverfügbarkeit gegenüber anorganischen zugesprochen wird (vgl. WINDISCH 2002).

Pharmakologische und ergotrope Effekte

Deutlich über den physiologischen Bedarf hinausgehende Cu- und Zn-Dosierungen zur Prophylaxe von Durchfallerkrankungen und zur Leistungssteigerung haben vor allem in der Ferkelaufzucht große Bedeutung. Um unerwünschte Folgen für die Umwelt (hohe Schwermetallanreicherungen in Böden) und die Tiere (Anämie, Cu-Akkumulationen) zu vermeiden, sollten ökologisch verträgliche Alternativen, z. B. die Verwendung organischer Säuren, deren leistungssteigernde Wirkung dokumentiert ist, zum Einsatz kommen (WINDISCH und ROTH 2002). Diese könnten Cu und Zn vollständig ersetzen, da sich die leistungsfördernde Wirkung von Zn, Cu, nutritiven Antibiotika und organischen Säuren nicht additiv verhält (WINDISCH und ROTH 2002).

Potenzial und Umsetzbarkeit

Aufgrund der großen Einsatzmenge der Futtermittel und der Zusatzstoffe liegt hier das größte Potenzial für Minderungsmaßnahmen. Während bei gesetzlichen Regelungen eher mit langfristigen Erfolgen zu rechnen ist (u. a. aufgrund von Übergangsfristen oder auch des vorrangigen Regelungsbedarfs auf EU-Ebene), könnte durch freiwillige Verpflichtungen der Hersteller auch eine kurzfristige Umsetzung erzielt werden. Von besonderer Bedeutung, gerade im Falle nicht gesetzlicher Maßnahmen und Initiativen, ist eine intensive Beratung der Landwirte. Diese muss von offizieller wie auch von Seiten der Futtermittelindustrie erfolgen, da nur so die nötige Akzeptanz erzielt werden kann. So sind besonders beim Ersatz von Cu zur Leistungsförderung Bedenken der Landwirte zu erwarten, da hierzu in der

Bundesrepublik Deutschland bisher nur wenig Praxiserfahrung vorhanden ist. Gerade in Bereichen, in denen eine Kontrolle schlecht durchführbar ist, jedoch eine Chance auf freiwillige Umsetzung in der Praxis besteht, spielt die Beratung eine entscheidende Rolle.

Bei einigen der o. g. Maßnahmen, z. B. beim Ersatz anorganischer Verbindungen mit schlechter Bioverfügbarkeit, beim Einsatz von organischen Verbindungen oder von Phytase, ist mit Mehrkosten zu rechnen; dennoch gründen sich Vorbehalte gegen derartige Schritte vorrangig auf dem Risiko einer suboptimalen Spurenelementversorgung und damit verbundenen Leistungseinbußen.

6 Literatur

- BONNIER, P. (2002): Anforderungen an die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm und anderen Düngemitteln in den Niederlanden – Gründe und Konsequenzen. In: Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm, Gülle und anderen Düngern unter Berücksichtigung des Umwelt- und Verbraucherschutzes. KTBL-Schrift 404. KTBL, Darmstadt: 265-270
- DÖHLER, H.; SCHULTHEISS, U.; ECKEL, H.; ROTH, U. (2002): Schwermetallgehalte von Wirtschaftsdüngern in Deutschland und der EU – Vergleich mit anderen Düngemitteln und Minderungsansätze. In: Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm, Gülle und anderen Düngern unter Berücksichtigung des Umwelt- und Verbraucherschutzes. KTBL-Schrift 404. KTBL, Darmstadt: 309-315
- DURST, L. (2002): Strategien zur Reduktion des Spurenelementeintrags in Wirtschaftsdünger - Probleme bei der praktischen Umsetzung. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- FLACHOWSKY, G. (2002): Zum Spurenelementbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- FRÜCHTENICHT, K. (2002): Bilanzierung von Spurenelementen bzw. Schwermetallen in der Geflügelhaltung. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- IPE BONN (Institut für Pflanzenernährung der Universität Bonn, ehemals ACI; 2001): Ergebnisse des UBA-Vorhabens „Schwermetallströme in landwirtschaftlichen Tierproduktionsbetrieben“. Veröffentlichung des Abschlussberichts voraussichtlich Ende 2002
- KÜHNEN, V.; BIEN, B.; GOLDBACH, H.E. (2002): Schwermetallbilanzen auf schweinehaltenden Veredelungsbetrieben. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- KTBL (2000): Organische/mineralische Abfälle und Wirtschaftsdünger (Datenbank, Version 1.0)
- KTBL (2002): Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- LUFA OLDENBURG (1997-2000): Ergebnisse der Routineuntersuchungen an Futtermitteln der Rinderhaltung (Spurenelemente); schriftliche Mitteilung

- LUFA OLDENBURG (1998-2001): Ergebnisse der Routineuntersuchungen an Futtermitteln der Schweine- und Geflügelhaltung (Spurenelemente); schriftliche Mitteilung
- LUFA OLDENBURG (2001): Ergebnisse des UBA-Vorhabens „Schwermetallströme in landwirtschaftlichen Tierproduktionsbetrieben“. Veröffentlichung des Abschlussberichts voraussichtlich Ende 2002
- LÜPPING, W. (2002): Spurenelementversorgung in der Wiederkäuerfütterung aus Sicht der Beratung. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- MEYER, A. (2002): Spurenelementversorgung in der Mastschweinefütterung aus Sicht der Beratung. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- PECHER, H.-P.; MELOSCH, V. (2002): Einfluss reduzierter Cu- und Zn-Versorgung auf die Aufzuchtleistung von Ferkeln. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- PETERSEN, U. (2002): Futtermittelrechtliche Vorschriften über Spurenelemente und unerwünschte Stoffe. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- ROTH, U.; SCHULTHEISS, U.; DÖHLER, H.; ECKEL, H.; KÜHNEN, V.; FRÜCHTENICHT, K.; UIHLEIN, A. (2002): Spurenelement- bzw. Schwermetallgehalte in Futtermitteln und Wirtschaftsdüngern In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- SCHENKEL, H. (2002a): Stoffwechseleffekte und Umweltwirkungen einer gezielten Spurenelementsupplementierung. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- SCHENKEL, H. (2002b): Minderungsmöglichkeiten und Konsequenzen für Produktqualität, Leistung, Gesundheit und Umwelt. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- SCHENKEL, H.; FLACHOWSKY, G. (2002): Zur Spurenelementversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere. Kraftfutter feed magazine, Heft 9: 318-329
- SCHULTHEISS, U.; DÖHLER, H.; ECKEL, H.; UIHLEIN, A.; WILCKE, W. (2002a): Praxiserhebungen zu Schwermetalleinträgen in Tierhaltungsbetrieben. Kongressband 1991, VDLUFA-Schriftenreihe 57/II: 761-767
- SCHULTHEISS, U.; DÖHLER, H.; ECKEL, H.; UIHLEIN, A.; WILCKE, W. (2002b): Bilanzierung von Spurenelementen bzw. Schwermetallen in der Milchviehhaltung. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- UIHLEIN, A. (2001): Stallbilanzen von Schwermetallen am Beispiel ausgewählter Milchviehbetriebe. Diplomarbeit Universität Bayreuth, 64 S.
- VFT, Verein Futtermitteltest e.V. (1996): Spurenelemente im Milchleistungs- und im Rindermastfutter; schriftliche Mitteilung 2002

WINDISCH, W. (2002): Organische contra anorganische Zink- und Kupferverbindungen in der Schweinefütterung. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt

WINDISCH, W.; ROTH, F.X. (2000): Tier- und Umwelteffekte exzessiver Dosierungen von Zink und Kupfer in der Schweinefütterung. In: 6. Tagung „Schweine- und Geflügelernährung“. Hrsg.: RODEHUTSCORD et al., Fachverlag Köhler, Gießen, ISBN 3-934229-76-X: 84-89

WINDISCH, W.; ROTH, F.X. (2002): Leistungsfördernde Wirksamkeit überhöhter Kupfermengen im Ferkelfutter: Einfluss der Menge und chemischen Verbindung des Kupfers sowie anderer leistungsfördernder Futterzusätze. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt

Danksagung

Wir danken dem Umweltbundesamt, Berlin, für die finanzielle Unterstützung dieser Untersuchungen.

Nitratauswaschung im Ackerbau in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung (ökologisch/konventionell) - Ergebnisse aus dem CONBALE-Projekt Lindhof

Loges, Ralf (Kiel); Ruhe, Iris; Taube, Friedhelm

Im Rahmen eines 3-jähr. Projektes wurde auf dem Versuchsgut Lindhof ein Vergleich zwischen vier typischen Fruchtfolgen ökologisch wirtschaftender Betriebe mit einer konventionellen Referenzfruchtfolge hinsichtlich Ertragsleistung und möglicher ökologischer Belastungspotentiale durch Nitratauswaschung durchgeführt. Die Bestimmung der ausgewaschenen N-Mengen stützte sich auf wöchentliche Beprobungen eines flächendeckenden Netzes von ca. 350 Saugkerzen, welche gleichmäßig verteilt auf allen Betriebsschlägen installiert waren. Die durchschnittliche Sickerwassermenge betrug in den 3 Beobachtungsperioden 187 mm. Eine dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung (EU-Norm) von 50 mg NO₃-I-1 entsprechende N-Konzentration im Sickerwasser wäre bei dieser Sickerwassermenge bei einer N-Fracht von über 22 kg N ha⁻¹ überschritten. Wichtigste N-Quelle der ökologischen Fruchtfolgen stellte die N₂-Fixierung der Leguminosen dar, während diese Rolle im konventionellen System der mineralischen N-Düngung (Zuckerrüben: 92 kg N · ha⁻¹, Winterweizen: 230 kg N · ha⁻¹, Winterraps: 190 kg N · ha⁻¹) zukam. Unabhängig vom Produktionssystem überschritt keine der betrachteten Fruchtfolgen die laut EU-Norm kritische N-Auswaschung (s. Tab.). Die Untersuchungen zeigten weiter, daß einzelne Fruchtfolgeglieder mit diesem Grenzwert in Konflikt kommen können. So wurde eine erhöhte N-Auswaschung nach konventionellem Winterraps beobachtet. In den ökologischen Fruchtfolgen wurden besonders nach Leguminosenumbruch im Herbst bzw. auch unter nicht umgebrochenem als Gründüngung genutzten abgeschlegeltem Klee gras erhöhte N-Austräge festgestellt. Fazit: Mittels optimierter Produktionstechnik bzw. Fruchtfolgeplanung (Zwischenfrüchte nach Problemkulturen bzw. verbessertes Klee grasmanagement) lassen sich unnötige N-Auswaschungsverluste in viehlos wirtschaftenden Betrieben vermeiden.

Tab.: Nitrat-N-Auswaschung und Getreideertrag verschiedener Fruchtfolgesysteme (1999-2002)

Anbau-System	Fruchtfolge	Fruchtfolge-Legumino-senanteil [%]	Nitrat-N-Auswaschung [kg N /ha]	Getreide-Durchschnitts-ertrag [dt/ha]
Öko-Gemischtbe-trieb (N-extensiv)	1. Klee gras (Schnittnutzung) - 2. Hafer – 3. Winterroggen	33	8.2 d	40.1
Öko-Gemischtbe-trieb (N-extensiv)	1. Klee gras (Schnittnutzung) - 2. Winterweizen – 3. Winterroggen	33	12.7 bcd	35.3
Öko-Gemischtbe-trieb (N-intensiv)	1. Klee gras (Schnittnutzung) - 2. Hafer – 3. Körnerleguminose -	50	9.6 cd	41.7
	4. Winterweizen			
Öko-Ackerbaube-trieb (N-intensiv)	1. Klee gras (Gründüngung), 2. Hafer – 3. Körnerleguminose -	50	17.5 bc	46.1
	4. Winterweizen			
Konventioneller Ackerbaubetrieb	1. Zuckerrüben – 2. Winterweizen - 3. Winterraps – 4. Winterweizen	-	19.0 b	91.1

Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Student-Newman-Keuls-Test, $\alpha = 0,05$)

Mulchen von Klee gras vermindert den N-Gewinn: Ausmaß und Ursachen

Heuwinkel, Hauke (Freising); Kaiser, Margot; Schmidhalter, Urs; Gutser, Reinhold

In viehlosen Betrieben des Ökologischen Landbaus ist Klee gras zur Gewinnung von Stickstoff und zur Unkrautregulierung oft ein wichtiger Bestandteil der Fruchtfolge. Anstatt der Futtergewinnung zu dienen wird der Aufwuchs in regelmäßigen Abständen gemulcht. Da solche Anbausysteme bisher nur bilanzierend betrachtet wurden, ist unbekannt wie stark das Mulchen den Netto-N-Gewinn des Bestandes durch eine frühzeitige Freisetzung von N aus dem Mulchmaterial beeinträchtigt.

Eine schnelle Mineralisierung des Mulchmaterials kann neben einer Beeinträchtigung der biologischen N₂-Bindung auch zu N-Verlusten (insbes. als NH₃) führen. Die selten mehr als schwach positiven Ertragseffekte in der Folgefrucht von gemulchtem im Vergleich zu geschnittenem Klee gras deuten auf einen in Relation zum Aufwuchs des Klee grasses geringeren Netto-N-Gewinn hin.

Zur Klärung dieser Fragen wurden in einem Fruchtfolgeversuch der LBP, Freising, in Viehhausen bei Freising Untersuchungen vorgenommen, um den Brutto- und Netto-N-Gewinn und die N_{min}-Dynamik während der Vegetation im Vergleich von geschnittenen und gemulchtem Klee gras zu erfassen.

Der Parzellenversuch umfasst sechs Fruchtfolgen (FF) in dreifacher Wiederholung. Die vorgestellten Daten wurden im Klee gras (KG) der FF5 (viehlos: KG - Winterweizen - Sommergerste) und im ersten Jahr des KG von FF1 (viehhaltend: KG - KG - Kartoffel - Winterweizen - Roggen) erhoben. Daten zur N₂-Bindung der Leguminosen (% NdfA), gemessen mit der ¹⁵N-Isotopenverdünnungsmethode und verbunden mit Untersuchungen zur Messmethodik unter Mulchbedingungen, liegen bisher nur für 2000 vor. Die Menge an fixiertem Stickstoff (N) berechnet sich nach:

N₂-Bindung in [g/m²]: TM-ErtragKlee gras [g/m²] * Leguminosenanteil [%] * N-GehaltLeguminose [%] * NdfA [%]. Den Trockenmasseertrag (TM) erfasste die LBP 2000 und 2001 in beiden Nutzungsformen mit einem Feldfutterernter (Schnitt: ganze Parzelle, Mulch 1/4 der Parzelle), der Leguminosenanteil wurde für beide Jahre mit Nah-Infrarot-Reflektionsspektroskopie in getrockneten und vermahlenden Mischproben bestimmt, während der N-Gehalt der Leguminosen für 2000 mit einem Massenspektrometer an handsortierten Teilproben bestimmt wurde. 2001 begann nach der ersten von vier Nutzungen die regelmäßige Beprobung der Böden in Tiefe 0-15 und 15-30cm, die im letzten Aufwuchs dann mindestens zweimal/Woche stattfand, um den Nitrat- und Ammoniumgehalt im Vergleich der Nutzungssysteme zu ermitteln. Eine Probe bestand aus 24 Einstiche mit einem Göttinger Bohrstock.

Die Menge gebundenen Stickstoffs war im Mulch 25-30 % geringer als im Schnitt. Die Abnahme konnte 2000 zu gleichen Teilen auf geringere Massebildung, geringeren Leguminosenanteil (bei über die Zeit zunehmender Differenzierung) und eine mit der Zeit geringere Aktivität der biologischen N₂-Bindung zurückgeführt werden. Die verringerte Trockenmassebildung und die Abnahme des Leguminosenanteiles waren sicher auch eine Wirkung der Mulchdecke, allerdings erklärt diese weniger die Abnahme von NdfA. Hierfür konnte eine höhere Verfügbarkeit an N_{min} aus dem schnellen Umsatz des Mulchmaterials als Ursache erkannt werden. So nahm das Gras im Jahr 2000 bis zu 20 % seines N aus dem letzten Mulch auf. 2001 stieg im Verlauf der Vegetation die Menge an N_{min} unter dem wachsenden gemulchten Klee gras im Vergleich zum geschnittenen auf bis das Doppelte an. Zwar lagen absolut gesehen geringe N_{min}-Werte vor, doch erscheint

aufgrund von Angaben aus der Literatur der Konzentrationsanstieg als Ursache für den Rückgang der symbiontischen Bindeleistung wahrscheinlich.

Diese Daten, und weitere Erhebungen zu möglichen NH_3 -Verlusten während der Vegetation, legen den Schluss nahe, dass viehlose Betriebe deutlich geringere Brutto-N-Gewinne über Klee gras verzeichnen. Der Unterschied in der Menge, die Netto im Betrieb verbleibt ist aber ähnlich dem viehhaltenden System, da hier noch N-Verluste in Höhe von 30-40 % anzusetzen sind. Warum sich dieser N nicht stärker im Ertrag der FF viehloser Betriebe niederschlägt, ist damit weiterhin offen. Höhere N-Verluste zu anderen Zeiten sind genauso wie eine verstärkte N-Immobilisierung mögliche Erklärungsansätze.

Ertragsverhalten und Nährstofftransfer (NPK) bei Grünland-extensivierung eines Feinsandgleys in Abhängigkeit von Ansaatmischung, Schnitthäufigkeit und Verbleib der Phytomasse

Renate Bockholt, Universität Rostock¹

Zusammenfassung:

Der 3-faktorielle Feldversuch wurde im Nationalpark „Vorpommersche Boddenlandschaft“ (Küstenbereich Mecklenburg-Vorpommerns) angelegt und über die Jahre 1992 – 2001 ausgewertet. Er bezieht sich auf die von Quecken (*Elytrigia repens*) oder Weidelgras (*Lolium perenne*) dominierten Teilflächen der frischen Wasserstufe 2+ (Lolio- Elytrigietum mit Feuchtezahlen von 5,6 bis 5,8 und einem Grundwasserschwankungsbereich von -10 bis -100 cm), welche über die Hälfte des Gebietes der Kernzone einnehmen. Das Experiment lief unter den Bedingungen der naturschutzgerechten Grünlandnutzung (ohne Düngung, ohne Herbizide) ab. Die Versuchsfaktoren sind: A: Begrünungsvarianten (3 Stufen; Selbstbegrünung, Vielartenmischung mit Leguminosen, Weidelgras), B: Nutzungshäufigkeit (4 Stufen; freie Sukzession, 1 Schnitt, 2 Schnitte, 3 Schnitte, 4 Schnitte), C: Verbleib der Phytomasse (2 Stufen; Phytomasse gemulcht, Phytomasse entfernt). Im 10-jährigen Mittel aller Aushagerungsvarianten wurden 53 dt/ha Trockenmasse erreicht und 102 kg N /ha, 16 kg P /ha und 72 kg K/ha entzogen. Mit einem Polynom 2. Grades ist nach Anstieg vom 1. bis 8. Nutzungsjahr ab 9. Nutzungsjahr eine abnehmende Tendenz des Trockenmasseertrages nachgewiesen worden. Der abnehmende Teil der Trendfunktion setzte bei der 3- Schnittnutzung 2 Jahre früher ein. Im 10-jährigen Mittel nahmen die 2-Schnittnutzung einerseits und die Selbstbegrünungsvariante andererseits eine Vorrangstellung bezüglich des Ertrages und des Nährstoffentzuges an N, P, K ein, im 5jährigen Mittel waren es die Vielartenmischung und die 3-Schnittnutzung. Ab drittem Jahr trat bezüglich des Ertrages und des Kaliumentzuges eine signifikante Differenzierung zwischen den gemulchten und ausgehagerten Varianten auf. Die Kaliumgehalte hielten sich bei Nährstoffrückführung über das Mulchmaterial im ausreichenden Versorgungsbereich, während sie bei Aushagerung in extreme Mangelbereiche abglitten. Im 10-jährigen Mittel sind in der gemulchten Variante der 3-Schnittnutzung 75 dt Trockenmasse erreicht bzw. 151 kg /ha Stickstoff, 26 kg /ha Phosphor und 150 kg K umgesetzt worden. Die Trendfunktion der Mulchvariante war bis einschließlich 10. Jahr steigend. Mit Erträgen von über 100 dt TM im 7. bis 10. Nutzungsjahr ist das Optimum des ansteigenden Trends noch nicht überschritten worden. Das Maximum des Kaliumumsatzes wurde jedoch im 7. Jahr erreicht. Nach 10 Versuchsjahren waren die Mittelwerte des Faktors „Ansaatvarianten“ in Bezug auf kein einziges Bodenparameter statistisch signifikant differenziert. Dagegen wirkten die anderen Versuchsfaktoren „Anzahl der Schnitte“ und „Verbleib der Phytomasse“ auf fast alle Bodenparameter signifikant differenzierend.

¹ Prof. Dr. agr. Renate Bockholt, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock
Justus- von-Liebig-Weg 6; 18059 Rostock; eMail: rena te.bo ckholt@agrarfak.uni-rostock.de

1. Problemstellung:

Im Falle des neu gegründeten Nationalparks Vorpommersche Boddenlandschaft sind 600 ha 1970 bis 1990 mit höchstem Aufwand bewirtschaftetes Intensivgrünland zur Kernzone des Nationalparks erklärt worden. Mit dem Ziel, bezüglich der überreichlich gedüngten leicht löslichen Anteile der Nährstoffe N, P, K eine schnelle Aushagerung zu erreichen und die Senkenfunktion für das Niedermoorwachstum und die C, N, S – Bindung wieder herzustellen, wird seit 1992 die naturschutzgerechte Nutzung praktiziert. Diese besteht im Rahmen der Vertragsmöglichkeiten (UMWELTMINISTERIUM von M.-V., 1992) im völligen Verzicht auf Düngung und Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, in der Anhebung des Grundwasserniveaus und einer großflächigen extensiven Beweidung des entstehenden Dauergrünlandes. Der ausgewählte Standort ist typisch für wechselfeuchte Grundwassersande unter den klimatischen Bedingungen der Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommerns (599 mm Jahresniederschlag, 8,0°C Jahrestemperatur im 50jährigen Mittel). Es handelt sich um Böden (18 bis 22 Bodenpunkte) mit einem früheren Ertragsniveau von 120 - 150 dt TM/ha bei intensivster Bewirtschaftung (BOCKHOLT, 1977; 1990). Die frühere intensive Bewirtschaftung bestand in intensiver Düngung (jährlich >300 kg N, 50 kg P, 200 kg K) und Steuerung der Grundwasserganglinie im Bereich von 40 bis 60 cm unter Flur. Im Rahmen maritimer Wechselwirtschaft zur ausschließlichen Futtererzeugung standen im Wechsel mit leistungsfähigen Futtergräsern (Ansaat nach Bodenbearbeitung mit dem Pflug) Sommergetreide oder Silomais in einer Fruchtfolge.

2. Lösungsweg:

Im Frühjahr des Jahres 1992 erfolgte die Anlage des 3-faktoriellen Feldversuches nach Zwischennutzung mit Silomais mit folgenden Faktoren und Schnittterminen als Streifen- Spaltanlage mit 4 Wiederholungen und insgesamt mit 84 Parzellen von 20 m².

Faktor A: Begrünungsvarianten (3 Stufen)

- A1= Selbstbegrünung
- A2 = artenarme Mischung leistungsstarker Weidelgräser für schnelle Aushagerung
- A3 = Vielartenmischung mit Kleeanteilen

Faktor B: Nutzungshäufigkeit (4 Stufen)

- B1 = ohne Nutzung = freie Sukzession
- B2 = 1 Schnitt
- B3 = 2 Schnitte
- B4 = 3 Schnitte

Faktor C: Verbleib der Phytomasse (2 Stufen)

- C1 = Phytomasse geräumt
- C2 = Phytomasse gemulcht

Konstante Faktoren:

- Küstenüberschwemmungsgrünland, gedeicht vor 1900;
- Bodentyp: früher Niedermoorgley (flachgründiges Niedermoor), jetzt Feinsandgley
- Höhe über dem Meeresspiegel: 18 cm HN, 33 cm NN
- 50jähriges Klimamittel: 599 mm Jahresniederschlag, 8°C Jahrestemperatur

- Ohne Düngung und sonstige Pflege nach 20jähriger Intensivdüngung und Intensivbewirtschaftung
- pH-Wert (KCL): 5,1 bis 5,6
- Versorgungsstufen des Bodens: K = A, P = C, Mg = E

3. Ergebnisse

3.1. Arteninventar des 3- faktoriellen Parzellenversuches

Der 3-faktorielle Parzellenversuch bezieht sich auf das flächenmäßig überwiegende Lolio-Elytrigietum, das von den dominierenden Arten Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*) und/oder Gemeine Quecke (*Elytrigia repens*) geprägt ist. Dieser Vegetationstyp des frischen Grünlandes ist durch Feuchtezahlen von 5,6 bis 5,8 gekennzeichnet, welche der relativ guten frischen landwirtschaftlichen Wasserstufe 2+ entsprechen. Dominanzgesellschaften mit Quecke oder Weidelgras nehmen etwa die Hälfte der Gesamtfläche des gesamten Weidegebietes der Kernzone ein. Die Vegetation setzt sich aus wenigen im Jahre 1992 angesäten und vielen bodenständigen Arten zusammen. Mit 86 aufgelisteten Arten und 13 geschützten Arten auf einer Gesamtfläche von 1.700 m² ergibt sich eine hohe Diversität, die unter anderem durch die Strukturvielfalt in Folge differenzierter Bewirtschaftung der Versuchspartellen und den Nutzungswandel vom Acker- zum Dauergrünland begründet ist (Abb.: 1). In Bezug auf die 3- Schnittnutzung ergeben sich die höchsten Artenzahlen und eine gute Übereinstimmung des Artenspektrums mit den Aufnahmen von NOEL und SCHMITZ (2001), welche Teilflächen des umliegenden 3 mal genutzten Weidelandes vegetationskundlich bewerteten.

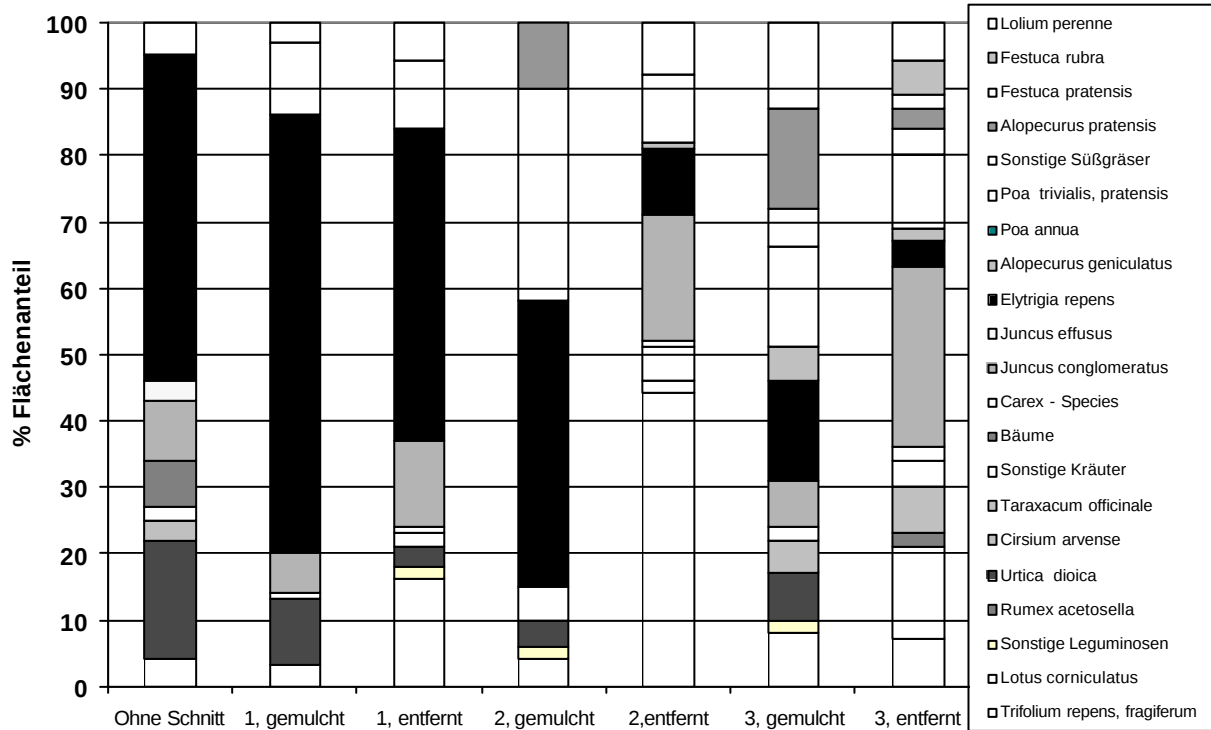


Abbildung 1: Vegetation der Variante Selbstbegrünung nach 10- jährigem Experiment

3.2. Ertragsentwicklung der Aushagerungsvarianten

Mit der jährlichen Entfernung der Phytomasse von der Versuchsfläche (Aushagerung), wird eine Schnittnutzung praktiziert, die zur Herstellung von Heu, Silagen oder Kompost durchgeführt werden könnte, um überreichlich vorhandene Nährstoffvorräte abzubauen.

Im Mittel aller Aushagerungsvarianten (1 Schnitt, 2 Schnitte, 3 Schnitte, Phytomasse entfernt) und Jahre wurde ein Ertrag von 53 dt Trockenmasse je ha erreicht.

Bei konsequentem Verzicht auf Düngung war im Ansaatjahr auf der Fläche nicht der von Naturschützern erwartete Stickstoffüberhang, sondern ein klares Stickstoffdefizit des Sandbodens vorhanden (Tabelle 1).

Vom 1. bis 8. Nutzungsjahr der Neuansaat war im Mittel aller Varianten trotz Verzichts auf jegliche Düngung im Trend eine Ertragserhöhung von 20 bis auf 70 dt Trockenmasse je ha zu verzeichnen, welche durch zunehmende Entwicklung der Wurzelsysteme von Neuansaat und Zunahme des Stickstoffangebotes durch die bald einsetzende parzellenübergreifende ganzflächige Verbreitung der Leguminosen begründet werden kann. Erst ab 9. Nutzungsjahr ist im Mittel der Aushagerungsvarianten eine abnehmende Tendenz des Trockenmasseertrages nachgewiesen worden.

In Abhängigkeit von der Begrünungsvariante bestanden in den ersten beiden Versuchsjahren klare Ertragsvorteile der Vielartenmischung, welche als Gräser überwiegend *Alopecurus pratensis* (Wiesenfuchsschwanz), *Phleum pratense* (Wiesenlieschgras), *Festuca rubra* (Rotschwingel) und als Leguminosen *Medicago lupulina* (Gelbklee), *Lotus corniculatus* (Hornschotenklee), *Trifolium repens* (Weißklee) enthielt. Anfängliche Ertragsnachteile der anderen Begrünungsvarianten konnten ab 3. Jahr durch die Selbstbegrünungsvariante und ab 8. Jahr auch durch die Weidelgrasvariante (*Lolium perenne*, *Lolium multiflorum*) ausgeglichen werden.

In Abhängigkeit von der Schnitthäufigkeit setzte der abnehmende Teil der Trendfunktion bei der häufigsten Nutzung (3 Schnitte) 2 Jahre früher ein.

Tabelle 1: Entwicklung des Trockenmasseertrages (dt/ha) im Mittel aller Aushagerungs-varianten

TM (dt/ha)	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mittel
1 Schnitt	18	32	18	58	35	42	63	89	73	72	50
2 Schnitte	31	48	37	55	53	58	79	78	80	71	59
3 Schnitte	20	50	37	71	47	67	69	52	52	47	51
Selbstbegrünung	10	38	30	69	58	63	76	82	77	69	57
Vielartenmischung	43	64	33	68	42	53	64	64	59	58	55
Weidelgras	17	29	30	46	35	51	70	73	69	63	48
Mittel	23	43	31	61	45	56	70	73	68	63	53

3.3. Ertragsentwicklung in Abhängigkeit vom Verbleib der Phytomasse

Bei 3-Schnittnutzung wurde der Ertrag auch in Abhängigkeit vom Verbleib der Phytomasse kontinuierlich erfasst. Im 10-jährigen Mittel sind in der Aushagerungsvariante 51 dt Trockenmasse ermittelt worden, während in der gemulchten Variante mit Nährstoffrückführung 75 dt Trockenmasse erreicht worden sind (Tabelle 2). Während die Trendfunktion der Aushagerungsvariante nach

Überschreitung von 60 dt /ha ab 8. Jahr eine abnehmende Tendenz zeigte, war das Optimum der Mulchvariante bei ständiger Ertragssteigerung bis zum 10. Jahr noch nicht überschritten. Die Trendfunktion zeichnete in der gemulchten Variante in den letzten 4 Jahren ein relativ stabiles Ertragsniveau nach.

Tabelle 2: Entwicklung des Trockenmasseertrages bei 3-Schnittnutzung

TM dt/ ha	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mittel
Aushagerung	20	50	37	71	47	67	69	52	52	47	51
Mulchvariante	21	55	41	83	64	81	114	89	106	101	75
Mittel	21	52	39	77	55	74	91	71	79	74	63

3.4. Entwicklung der Pflanzeninhaltsstoffe der Aushagerungsvarianten

Es wurde ein mittlerer Stickstoffgehalt von 2,0 % N in der Trockenmasse erreicht. In Relation zu der Schnitthäufigkeit wurde mit 1,7 % N in der Trockenmasse bei 1-Schnittnutzung der geringste, mit 2,2% N bei 3-Schnittnutzung der höchste Mittelwert erzielt.

Im Vergleich der Ansaatmischungen hat sich der in den ersten Jahren der noch differenzierte Leguminosenanteil ausgewirkt.

Der mittlere P- Gehalt betrug 0,31% P in der Trockenmasse. In 10 Versuchsjahren ist trotz Verzichts auf Düngung und trotz Abtransportes der Phytomasse von der Versuchsfläche niemals Mangel an Phosphor aufgetreten.

In Abhängigkeit von der Schnitthäufigkeit variierten die Mittelwerte zwischen 0,29 % bei 1-Schnittnutzung und 0,34% bei 3-Schnittnutzung.

In Relation der Begrünungsvarianten traten keine nennenswerten Differenzen auf.

Der mittlere K-Gehalt betrug 1,5 % in der Trockenmasse. Im Verlaufe der 10-jährigen Versuchsdurchführung hat sich eine klare Entwicklung von mittlerer Kaliumversorgung bis zur extremen Mangelsituation vollzogen.

In Abhängigkeit von der Schnitthäufigkeit sind bei der 1-Schnittnutzung höhere Gehaltswerte aufgetreten, die nur mit dem tiefer reichenden Wurzelsystem der Pflanzenbestände dieser Variante erklärt werden können.

3.5. Pflanzeninhaltsstoffe in Abhängigkeit vom Verbleib der Phytomasse

Bei vergleichender Betrachtung der 3-Schnittnutzung mit und ohne Nährstoffrückführung traten keine höheren N- Gehalte in der Phytomasse der nährstoffreicheren Mulchvariante auf, da zunehmender Nährstoffreichtum bezüglich Stickstoff ertragswirksam wurde.

In der Mulchvariante betrug der mittlere Stickstoffgehalt 2,1% N in der Trockenmasse.

In Bezug auf die Phosphorgehalte trat ab 7. Jahr eine gerichtete geringfügige Differenzierung zu Gunsten der Mulchvariante ein, die im Trend auf leichten Rückgang der P-Werte bei Aushagerung zurückzuführen ist.

In Bezug auf die Kaliumwerte trat bereits ab 4. Nutzungsjahr eine zunehmende Differenzierung zu Gunsten der Mulchvariante ein. Die Kaliumgehalte hielten sich bei Nährstoffrückführung über das Mulchmaterial im ausreichenden Versorgungsbereich, während sie bei Aushagerung in extreme Mangelbereiche abglitten.

Tabelle 3: Pflanzeninhaltsstoffe der 3-Schnittnutzung (% in der TM)

		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mittel
N (%)	Aushag.	2,6	2,3	2,6	2,1	2,0	2,1	1,8	2,2	2,0	2,0	2,2
N (%)	Mulchen	2,6	2,3	2,5	1,9	1,6	1,8	1,6	2,2	2,2	2,1	2,1
P (%)	Aushag.	0,35	0,38	0,40	0,32	0,31	0,36	0,29	0,37	0,28	0,32	0,34
P (%)	Mulchen	0,36	0,39	0,39	0,32	0,29	0,34	0,31	0,40	0,32	0,38	0,35
K (%)	Aushag.	3,0	2,3	2,3	1,9	1,6	1,2	0,9	0,8	0,7	0,7	1,5
K (%)	Mulchen	3,1	2,3	2,3	2,3	1,8	1,8	1,8	2,1	1,8	1,8	2,1

3. 6. Entwicklung des Nährstoffentzuges in den Aushagerungsvarianten

Der Entzug an Stickstoff, Phosphor und Kalium gestaltete sich ebenfalls als Trend in Form eines Polynoms 2. Grades. Im Mittel der 10 Jahre wurden in den Aushagerungsvarianten 102 kg N /ha; 16 Kg P/ha und 72 kg K /ha entzogen. Analog zum Ertrag stieg der Nährstoffentzug in den Aushagerungsvarianten bis zum 8. Nutzungsjahr an und zeigte danach eine abfallende Tendenz. Mit einer Kombination von 2-Schnittnutzung und Selbstbegrünung können nach diesen Ergebnissen dauerhaft höchste Nährstoffentzüge realisiert werden.

Lediglich der Kaliumentzug entwickelte sich abweichend von der Ertragskurve. In Folge stark reduzierter Gehaltswerte und zunehmender Verarmung des Bodens an Kalium verlief der Entzug über ein Optimum (4. Jahr = 109 kg K/ha) ab 5. Jahr mit abnehmendem Trend bis zu einem Minimum von 40 kg K/ha.

3.7. Nährstoffentzug kg N, P, K /ha bzw. Nährstoffumsatzes kg N, P, K / ha) in Abhängigkeit vom Verbleib der Phytomasse

Bei simulierter Weidenutzung (Tab. 4) ergab sich ab 3. Jahr bezüglich Kalium und ab 7. Jahr bei Stickstoff und Phosphor eine überzeugende Differenzierung der Entzugswerte zwischen den gemulchten und ausgehagerten Varianten.

In der Mulchvariante der 3-Schnittnutzung wurden im Mittel der 10 Jahre 151 kg /ha Stickstoff umgesetzt. Der zunehmende Trend hält gegenwärtig noch an. Beachtliche Größenordnungen von 200 kg N/ha wurden im 9. und 10. Jahr überschritten.

Tabelle 4: Nährstoffentzug (kg N, P, K /ha) bzw. Nährstoffumsatz (N, P, K /ha) der 3-Schnittnutzung im Vergleich der Varianten Phytomasse gemulcht und Phytomasse entfernt

kg /ha		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mittel
N	Aushag.	55	117	95	145	94	138	121	116	105	94	108
N	Mulchen	57	129	104	159	100	142	186	194	228	215	151
P	Aushag.	7	19	15	23	14	24	20	19	15	15	17
P	Mulchen	8	22	16	27	19	28	36	36	34	38	26
K	Aushag.	62	116	86	131	74	81	62	42	35	31	72
K	Mulchen	66	128	92	186	118	144	208	184	190	184	150

In der Mulchvariante der 3-Schnittnutzung wurden im Mittel der 10 Jahre 26 kg /ha Phosphor umgesetzt. Der zunehmende Trend hält ebenfalls an. Im 10. Jahr wurde der bisher höchste Wert von 38 kg Phosphor /ha und Jahr erreicht.

In der Mulchvariante der 3-Schnittnutzung wurden im Mittel der 10 Jahre 150 kg /ha Kalium umgesetzt. Im polynomischen Trend wurde nach eindeutigem Anstieg bis zum 7. Jahr ein Maximum in Höhe von 190 kg erreicht, das vom 8. bis 10 Nutzungsjahr in etwa gleicher Größenordnung die Umsatzkurve bestimmt.

Insgesamt ergibt sich durch den steigenden Umsatz an Nährstoffen in den Mulchvarianten ein Trend zur Eutrophierung.

3.8. Entwicklung der Bodenparameter

Seit im Jahre 1995 eine sichtbare Differenzierung in Bezug auf Vegetation und Ertragsniveau auffällig wurde, sind Bodenparameter in mehreren Jahren untersucht worden. Der aufwändige Königswasseraufschluß zur Bestimmung von Gesamt - P und Gesamt - K ist während der 10 Versuchsjahre im 5-jährigen Abstand 2 mal wiederholt worden. Die Gesamtmittelwerte (Tab. 5) demonstrieren eine leichte Mangelsituation für die pflanzenverfügbaren Nährstoffe P und K (Versorgungsstufe B) bzw. extrem saure pH-Werte (pH - Bereich A).

Die Gehaltswerte an organischer Masse, Gesamt- N, Gesamt - C, Gesamt - S entsprechen Normalwerten für Dauergrünland auf Sandstandorten. Dasselbe gilt für das C/N-Verhältnis

Tabelle 5: Mittelwerte der Bodenparameter pH-Wert (0-10 cm), Leitfähigkeit (0-10 cm) , P (DL; 0-10 cm), K (DL; 0-10cm), P (KÖWA, 0-10 cm K (KÖWA, 0-10 cm), organische Masse (0-30 cm), Gesamt N (0-30 cm), Gesamt - C (0-30 cm), Gesamt - S (0-30 cm), C/N-Verhältnis (0-30 cm)

	1992	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mittel
pH-Wert	5,1				4,5	4,5	4,5	4,6	4,7
Leitfähigk. (μ S)	108	144	150	169	166	106	78	56	120
P, DL (mg)	5	4,9			4,3	3,3	3,4	3,8	4,1
K, DL (mg)	8,0	9,1			6,0	6,2	7,3	4,2	6,7
P, KÖWA (mg)		118				112	108		112
K, KÖWA (mg)		58				68	62		50
org. Masse (%)	2,6	3,3				3,5	3,1	3,1	3,1
Gesamt-N (%)	0,086	0,142					0,156		0,150
Gesamt-C (%)	0,952	1,54					1,69		1,63
Gesamt-S (%)		0,034					0,033		0,033
C/N-Verh.		10,8					11,1		11,0

3.9. Differenzierung der Bodenparameter und statistische Signifikanz der Differenzen

Nach 10 Versuchsjahren waren die Mittelwerte der Ansaatvarianten in Bezug auf kein einziges Bodenparameter statistisch signifikant differenziert. Dagegen wirkten die anderen Versuchsfaktoren „Anzahl der Schnitte“ und „Verbleib der Phytomasse“ auf fast alle Bodenparameter signifikant differenzierend. Je seltener die Schnittnutzung durchgeführt wurde und je weniger Nährstoffe von der Fläche entfernt wurden, umso reichlicher sind die Bodennährstoffe nachweislich erhalten geblieben. In Bezug auf die Nährstoffvorräte rangierte die freie Sukzession immer an erster Position. Diese Aussage bezieht sich nicht nur auf alle Bodenparameter, sondern auch auf das C/N – Verhältnis. Danach rangierten die Variante „Phytomasse gemulcht“, die Weidenutzung außerhalb der Parzellen und die Variante „Phytomasse entfernt“. Hemmende oder verstärkende Wechselwirkungen der Prüffaktoren traten in Bezug auf kein Bodenparameter auf.

3.10. Trendgleichungen der Entwicklung der Bodenparameter in 10 Jahren Extensivierung und Entwicklung zu Naturschutz - Grünland

Mit Hilfe der Trendgleichungen konnte die jährliche Veränderung der Bodenparameter quantifiziert werden. Diese können aus Platzgründen nicht aufgeführt werden. In jeder Versuchsvariante vollzogen sich nach Übergang zur naturschutzgerechten Dauergrünlandnutzung trotz Verzichtes auf Düngung für den Gehalt an organischer Masse, für den Gesamt – N - Gehalt, für den Gesamt – C - Gehalt und für das C/N-Verhältnis im Boden positive Trends. Jedoch ist der Anstieg der Trends in Abhängigkeit von den Versuchsvarianten differenziert.

Unter Dauergrünland wird also auch ohne Düngung organische Substanz im Boden angereichert, die Größenordnung der Anreicherung ist von der Nutzung abhängig. Dauergrünland fungiert in jedem Fall, auch bei Aushagerung als Kohlenstoff- und Stickstoffsенke, was auch SCHAPENDONK (1996) sowie KRETZSCHMAR und JACOB (1997) als Arbeitshypothese für ihre Forschungen voraussetzten.

Zum Beispiel wurden bei freier Sukzession jährlich 0,11% Kohlenstoff, in der Variante „Phytomasse gemulcht“ 0,09% Kohlenstoff und in der Variante „Phytomasse entfernt“ noch 0,07 % Kohlenstoff in der oberen Bodenschicht gebunden.

Weiterhin wurden bei freier Sukzession jährlich 0,0094% Stickstoff, in der Variante „Phytomasse gemulcht“ 0,0083% Stickstoff und in der Variante „Phytomasse entfernt“ noch 0,0069 % Stickstoff in der oberen Bodenschicht gebunden.

In Bezug auf die Nährstoffvorräte an Phosphor und Kalium im Boden durchliefen die Varianten teilweise gegenläufige Trends. Die freie Sukzession ermöglichte trotz völligen Verzichtes auf Düngung in Bezug auf die Phosphor- und Kaliumvorräte noch einen Anstieg in der oberen Bodenschicht, der durch Transfer über ein tiefer reichendes Wurzelsystem aus unteren Bodenschichten erklärt werden kann.

Dagegen durchliefen die Varianten „Mulchen“ und „Entfernen der Phytomasse“, grundsätzlich negative Trends in Bezug auf die Nährstoffvorräte des Bodens.

Literaturverzeichnis:

- AUTORENKOLLEKTIV, Redaktion J. Quade; 1993: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau.- DLG-Verlag Frankfurt (Main)
- BOCKHOLT, R., 1990: Standorte, Pflanzenbestände, Ertragspotential, Futterwert und Nutzung des Überschwemmungsgrünlandes im Küstenbereich der DDR.- Diss. B, Universität Rostock
- KRETZSCHMAR, A. u. H. JACOB, 1997: Erste Ergebnisse einer Untersuchung zum Kohlenstoffhaushalt von differenziert gedüngtem Wirtschaftsgrünland im Württembergischen Allgäu. - Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 10, 139 – 140 (1997)
- NOEL, S., 2000: Vegetationsveränderung auf Teilflächen der Sundischen Wiese seit Gründung des Nationalpark VPBL.- Diplomarbeit, Universität Rostock
- ROTHMALER, W. , 1994: Exkursionsflora von Deutschland; Jena 1994
- SCHAPENDONK, A. et. al., 1996: Grasslands: A buffer for increasing atmospheric carbon dioxide?, Change 30, 5 –7
- SCHMITZ, S., 2000: Vegetationsveränderung auf Teilflächen der Sundischen Wiese seit Gründung des Nationalpark VPBL.- Diplomarbeit, Universität Rostock
- UMWELTMINISTERIUM von M.-V., 1992: Grünlandförderrichtlinie Naturschutzgerechte Grünlandnutzung.- Amtsblatt für Mecklenburg-Vorpommern, Nr. 43 vom 2.11.1992
- UMWELTMINISTERIUM von M.-V., 1992: Rote Liste der gefährdeten höheren Pflanzen Mecklenburg - Vorpommerns

Anschrift der Autorin:

Prof. Dr. agr. Renate Bockholt
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock
Justus- von-Liebig-Weg 6
18059 Rostock

Stoffflüsse in landwirtschaftlichen Betrieben mit und ohne Tierhaltung (Integriert u. ökologisch geführte Betriebe, Nährstoffsalden zur Bewertung von Effizienz u. Umweltverträglichkeit) Stickstoff-Auswaschungsverluste und Nachfruchteffekte von Futterleguminosen auf Getreide-Nachfrüchte im Ökologischen Landbau unter pannonischen Standortbedingungen in Österreich

Farthofer, Renate (Wien)¹; Friedel, Jürgen K.; Pietsch, Gabriele; Freyer, Bernhard

1. Einleitung und Problemstellung

Aufgrund des Verzichtes auf den Einsatz mineralischer Stickstoffdüngemittel im ökologischen Landbau kommt der biologischen N-Fixierung (BNF) eine zentrale Rolle zu. Biologische Fixierung von Stickstoff aus der Atmosphäre ist das Produkt einer Symbiose zwischen Leguminosen (Fam. Fabaceae) und knöllchenbildenden Bakterien der Gattung *Rhizobium*.

Bei der Nutzung von Futterleguminosen wird im Wesentlichen zwischen zwei Nutzungsverfahren unterschieden: Nutzung der Leguminose als Feldfutterpflanze bei tierhaltenden Betrieben (**Schnittnutzung**) und Nutzung der Leguminosen als Gründüngung vorwiegend bei viehloser Landwirtschaft (**Mulchnutzung**). Dabei wird die Leguminose als Reinkultur oder in Form eines Leguminosen-Gras-Gemenges angebaut.

Auf Standorten mit guter Wasserversorgung liegen bereits einige Ergebnisse zur biologischen N-Fixierung, zum N-Haushalt im Boden und zum Bodenwasserhaushalt vor (Hogh-Jensen and Schjoerring 1997, Danso et al., 1988).

Wenig ist hingegen bekannt über die Auswirkungen von Leguminosenreinbeständen und Leguminose-Gras-Gemengen bei verschiedenen Nutzungsarten (Schnitt/Mulch) auf die Stickstoffdynamik im Boden und die Stickstoffnutzung durch die Nachfrucht (Frame et al., 1998, Rasse et al., 1999). Unter den pannonischen Klimabedingungen (geringe Niederschläge von 500-550 mm a⁻¹ und kurze Dürreperioden während der Vegetationszeit) und den dort üblichen Pflanzenarten unter ökologischer Bewirtschaftung wie z. B. der Luzerne als Reinsaat, oder im Gemenge mit Gräsern mit den nachfolgenden Kulturarten Winterweizen und Winterroggen, liegen bislang keine Erkenntnisse vor.

2. Material und Methoden

Die Untersuchung wird auf den seit 1997 nach den Richtlinien des Ökologischen Landbaus bewirtschafteten Flächen des Institutes in Raasdorf bei Wien auf einer Fläche von rund 1 ha durchgeführt. Untersucht werden 2 verschiedene Futterleguminosenbestände (Luzerne-Reinsaat und Luzerne-Gras-Gemenge) in 2 Nutzungsvarianten (Mulch und Schnitt). Als Referenzfrüchte dienen Winterroggen und Gras-Reinsaat. Der Versuch ist als Blockversuch randomisiert in vierfacher Wiederholungen angelegt.

Zur Untersuchung des Bodenstickstoffhaushaltes werden fünfmal jährlich Bodenproben gezogen und auf ihren Gehalt an mineralischem Stickstoff untersucht.

¹ eMail: farthofe@edv1.boku.ac.at

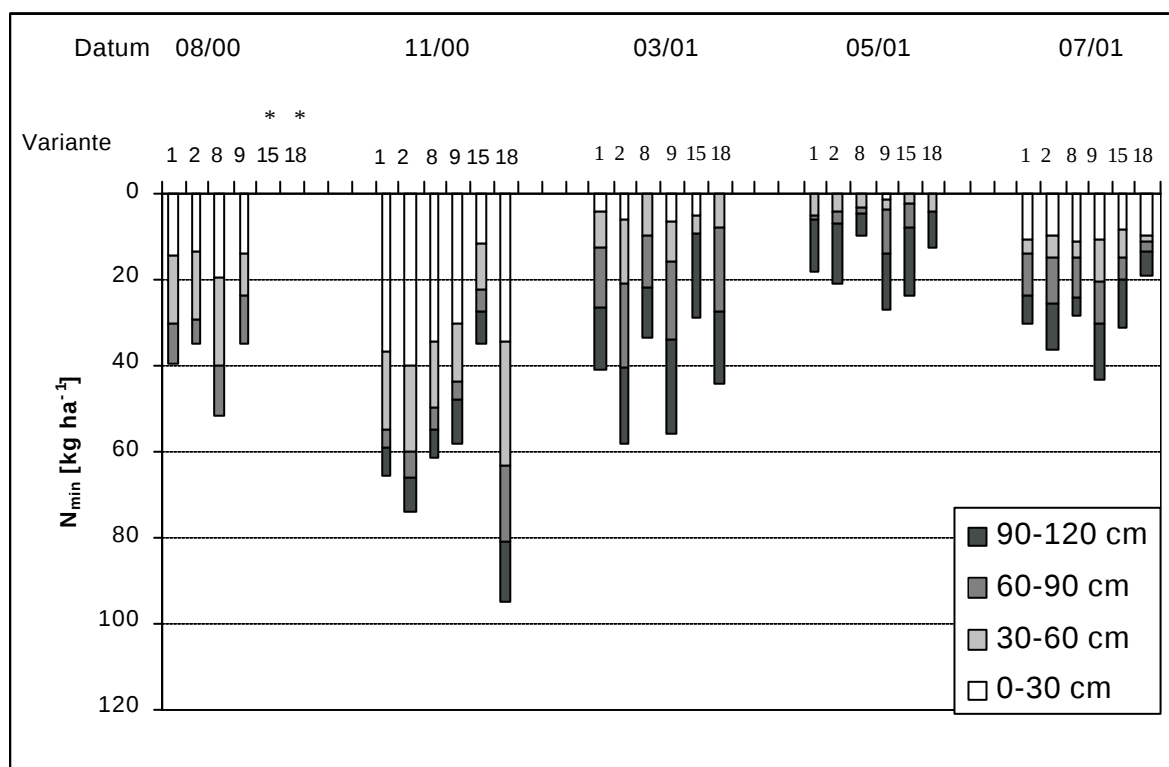
Zur Feststellung einer von Nitrat-Verlagerung wird Bodenlösung mittels Saugkerzen in 120 cm Bodentiefe gewonnen und auf Nitrat-Stickstoff untersucht. Darüber hinaus wird die Nitrat-Versickerung anhand einer klimatischen Wasserbilanz errechnet.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die vorläufigen Ergebnisse des Jahres 2001 sind stark von den geringen Niederschlägen in Winter und Frühjahr beeinflusst. Aufgrund der Trockenheit zu Anfang des Jahres 2001 konnte das sommerliche Feuchtedefizit besonders in den unteren Bodenschichten nicht ausgeglichen werden. Gemeinsam mit einer weiteren Trockenperiode im Frühjahr führte dies zu einer starken Überlagerung etwaiger Vorfruchteffekte auf den Winterweizen-Bestand.

Aufgrund der geringen Niederschläge und des trockenen Bodens (pF-Werte meist über 2,7) konnten mit Hilfe der Saugkerzen keine Sickerwasserproben gewonnen werden. Eine Verlagerung oder Auswaschung von Nitrat ist daher nicht anzunehmen.

Abbildung 1: Mineralstickstoffgehalt im Boden nach verschiedenen Vorfrüchten im Untersuchungszeitraum 2000/2001.

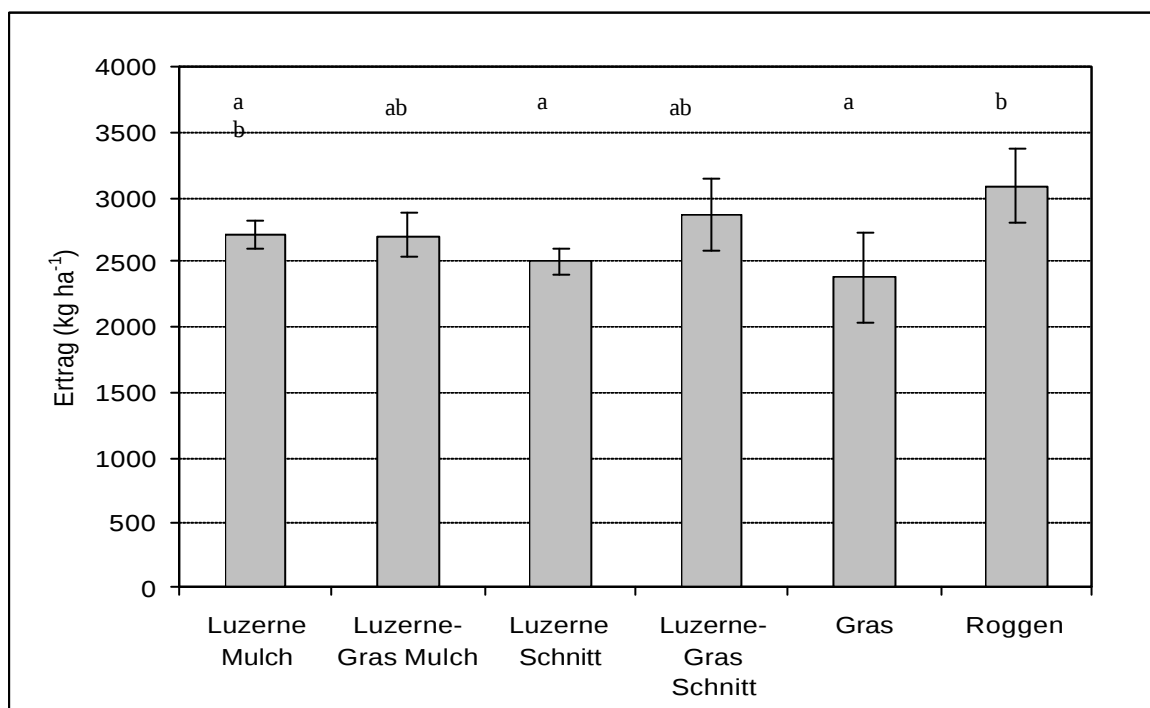


Legende: Variante 1: Luzerne Mulch; Variante 2: Luzerne-Gras Mulch; Variante 8: Luzerne Schnitt; Variante 9: Luzerne-Gras Schnitt; Variante 15: Referenzfrucht Gras; Variante 18: Referenzfrucht Winterroggen; Die mit * markierten Varianten wurden nicht untersucht.

Die Untersuchung der Bodenstickstoffgehalte (Abbildung 1) ergab aufgrund der hohen Variabilität innerhalb der Behandlungen keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Varianten ($P < 0,05$). Der zu erwartende höhere N-Gehalt in den Mulchvarianten konnte nicht festgestellt werden. Als ein Grund dafür werden hohe gasförmige Stickstoffverluste aus dem Mulchmaterial angenommen. Für

erhöhte Ausgasungsverluste aus der Mulchauflage sprechen die hohen Temperaturen und Einstrahlungsraten wie sie im pannonischen Raum vorherrschen. Im Vergleich zu den übrigen Varianten wurden in den Parzellen mit der Referenz-Vorfrucht Winterroggen deutlich höhere N-Gehalte im Boden festgestellt. Gleichzeitig wurden in den Parzellen mit Vorfrucht Winterroggen die höchsten Bodenwassergehalte gemessen. Aufgrund des späten Umbruchs (Mitte August) der Leguminosen-Varianten kam es zu einer verstärkten Beanspruchung des Bodenwassers durch die erhöhte Transpiration der Pflanzenbestände. Die Mineralisation von Stickstoff aus dem organischen Material war somit in den Parzellen mit Luzerne als Vorfrucht aufgrund der größeren Trockenheit verlangsamt. Die Winterweizenerträge (Abbildung 2) spiegeln ebenfalls vorwiegend die Wasserverhältnisse in den verschiedenen Varianten wider. Die höchsten Erträge wurden auf den Parzellen mit Vorfrucht Winterroggen erzielt, gefolgt von Luzerne-Gras (Schnittnutzung) als Vorfrucht. Die Erträge nach Winterroggen waren signifikant ($P < 0,05$) höher als nach Gras Reinsaat und Luzerne-Reinsaat (Schnittnutzung). Bei den anderen Varianten waren keine signifikanten Unterschiede feststellbar.

Abbildung 2: Kornerträge im Jahr 2001 ($\pm$ Standardabweichung) nach verschiedenen Vorfrüchten (Statistik: Tukey-Test; $P < 0,05$).



Zusammenfassend ist zu sagen, dass unter trockenen Bedingungen am untersuchten Standort, unabhängig von der Leguminosen-Vorfrucht keine Verlagerung von Stickstoff zu erwarten ist. In Bezug auf Ertrag und Qualität der Getreidenachfrucht ist unter diesen Umständen ebenfalls die Wasserversorgung der Kultur entscheidend.

4. Literatur

Danso, S.K.A., Hardarson, G., and Zapata, F. (1988): Dinitrogen fixation estimates in alfalfa-ryegrass swards using different nitrogen-15 labeling methods. *Crop Science* 28, 106-110.

Frame, J., Charlton, J.F.L. and Laidlaw, A.S. (1998): *Temperate Forage Legumes*. CAB International.

Hogh-Jensen, H. and Schjoerring, J.K. (1997): Interactions between white clover and ryegrass under contrasting nitrogen availability: N_2 fixation, N fertilizer recovery, N transfer and water use efficiency. *Plant and Soil* 197: 187-199.

Rasse, D.P., Smucker, A.J.M., and Schabenberger, O. (1999): Modifications of soil nitrogen pools in response to alfalfa root systems and shoot mulch. *Agronomy Journal*. 91: 471-477.

Verbleib des durch Zwischenfrüchte konservierten Stickstoffs

Wilfried Schliephake¹

Einleitung

In Sachsen sind auf Landesebene die N-Salden der letzten Jahre nur noch leicht positiv, trotzdem finden sich häufig nach der Ernte beachtliche Mengen an Reststickstoff. Bleibt dann der Boden vom Spätsommer bis zum Frühjahr brach, sind Verluste vorhersehbar. Mit dem Anbau einer Zwischenfrucht kann dieser Stickstoff konserviert werden. Neben der Bindungsleistung interessiert natürlich vor allem der zeitliche Verlauf und das Ausmaß der Wiederfreisetzung des inkorporierten N einschließlich seiner Ertragswirksamkeit.

Material und Methoden

Die Ergebnisse der hier vorgestellten Untersuchungen wurden auf der Kastenanlage in Leipzig erzielt. Zur Verfügung stand hier ein anlehmiger Sand- und ein Lehm Boden mit einer Mächtigkeit von einem Meter über Auenlehm. Als Zwischenfrucht kam Gelbsenf Mitte August zum Anbau. Unmittelbar vor der Aussaat wurde der N_{min} in 0 - 90 cm Tiefe auf zwei Stufen (50 bzw. 100 kg N/ha) mit achtfacher Wiederholung aufgedüngt. Auf der Stufe mit 100 kg N_{min} /ha blieben zusätzlich vier Parzellen brach.

Um den Weg des Stickstoffs eingehender zu verfolgen, erhielten Teilflächen der Parzellen der hohen Stufe vor der Aussaat 5 kg/ha markierten Ammoniumnitrat-N (97 atom % ^{15}N). Nach einer Probenahme (Pflanzen und Boden) zum Ende der Vegetation blieben hier die Pflanzen auf den Parzellen. Im Frühjahr wurde dann erneut beprobt.

Auf der anderen N-Stufe wurden nach einer Ertragsermittlung und Bodenbeprobung zum Ende der Vegetation auf einer Teilfläche die gewachsenen Pflanzen durch separat mit ^{15}N angezogenen Senf (135 kg N/ha mit 2,08 atom % ^{15}N) ersetzt. Anschließend erfolgte eine Einarbeitung. Auf der einen Hälfte der Parzellen wurde das Pflanzenmaterial 15 ... 20 cm tief eingegraben und auf der anderen flach gemulcht.

Die Verfügbarkeit des durch die Zwischenfrucht konservierten N wurde durch einheitlichen Nachbau von Silomais geprüft. Voraussetzung dafür war eine maßvolle N-Düngung. Nach dem Auflaufen der Pflanzen kamen 70 (Sand) bzw. 50 kg N/ha (Lehm) als Kalkammonsalpeter zur Anwendung.

Ergebnisse

Durch die günstigen Witterungsbedingungen wurden in Abhängigkeit vom N-Angebot bis zum Ende der Vegetation beachtliche Sprossstrockenmassen erzielt (Tab. 1). Die N-Aufnahmen beliefen sich bis auf 184 kg/ha. Der angebaute Senf senkte dadurch den N_{min} des Bodens deutlich ab (Abb. 1). Zu Beginn des Winters fanden sich auf dem Sand nur noch 20 und auf dem Lehm etwa 30 kg N_{min} /ha in 0-90 cm Tiefe. Ohne Bewuchs blieben mit 129 (Sand) bzw. 220 (Lehm) kg N_{min} /ha sehr hohe Beträge zurück.

¹ Dr. Wilfried Schliephake; Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau; Gustav-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig; eMail: wilfried.schliephake@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

Tabelle 1: Gebildete Spross-TM und N-Entzüge in Abhängigkeit vom $N_{\min}$ zur Aussaat des Gelbsenfs

$N_{\min}$ zur Aussaat kg/ha in 0 - 90 cm	anlehmiger Sand		Lehm	
	Spross-TM (dt/ha)	N-Entzug (kg/ha)	Spross-TM (dt/ha)	N-Entzug (kg/ha)
50	39	84	63	149
100	60	128	78	184

Aus der Abnahme im $N_{\min}$ und dem N-Entzug errechnet sich von August bis Ende November eine Netto-N-Freisetzung von 50 kg/ha auf dem Sand und mehr als das Doppelte auf dem Lehm. Das bestätigt den häufig beobachteten Sachverhalt, dass eine gute Pflanzenentwicklung im Herbst mit entsprechend hoher N-Mineralisation einhergeht.

Während unter dem brach gehaltenen Boden über Winter ein starker Verlust an $N_{\min}$ auftrat, erhöhte er sich nach dem Anbau der Zwischenfrucht bereits wieder (Abb. 1). Die unterschiedliche Einarbeitung des Pflanzenmaterials hatte keinen Einfluss. Dort allerdings wo die abgefrorenen Pflanzen auf dem Boden belassen wurden und sogar geringere N-Mengen in der Spross-TM vor dem Winter vorlagen, waren im April auf dem Sandboden gleiche und auf dem Lehm sogar signifikant höhere $N_{\min}$ -Werte vorhanden (Abb. 2).

Erklären lässt sich dieser Anstieg nicht mit einer verstärkten Mineralisation der auf dem Boden befindlichen Pflanzen. Zwar war eine leichte Abnahme in der Spross-TM festzustellen, die ging aber mit einem überraschend hohen Rückgang an Stickstoff einher (Abb. 3). Ursache für die Verminderung des N-Gehaltes war vor allem, dass der hohe Anteil löslicher Verbindungen durch die Winterniederschläge aus dem Senf ausgewaschen wurden. Da es sich bei dem im Pflanzenmaterial enthaltenem Stickstoff zu großen Teilen um Nitrat-N handelte (Sand 45 und Lehm 87 kg/ha), führte das direkt ohne mikrobielle Umsetzung zu einer Erhöhung des $N_{\min}$ im Boden.

Als Folge veränderte sich das C/N-Verhältnis des verbliebenen Sprossmaterials erheblich (Abb. 4). Lag es noch zum Ende der Vegetation um 20, so erweiterte es sich bis zum April bei dem vormals stickstoffreichen Senfpflanzen auf dem Lehm auf über 40. Damit kommt es in dieser Hinsicht Stroh sehr nahe. Nach Einarbeitung in den Boden und dem beginnenden Abbau, findet keine weitere Netto-N-Freisetzung statt, sondern zumindest zeitweilig erfolgt sogar eine Immobilisation von pflanzenverfügbarem N.

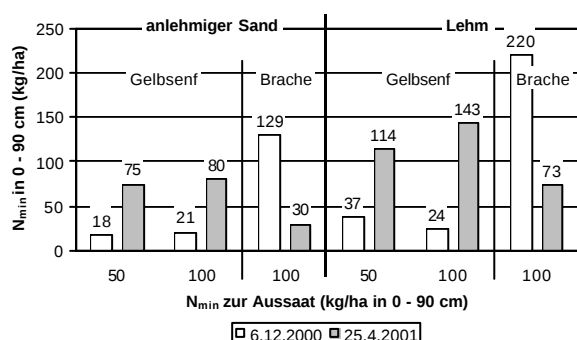


Abbildung 1: $N_{\min}$ des Bodens mit und ohne Zwischenfruchtanbau vor und nach dem Winter

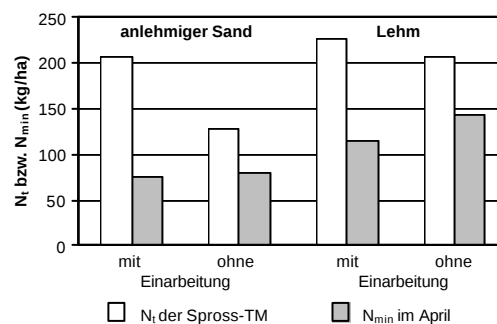


Abbildung 2: N_t in der Spross-TM vor dem Winter und der $N_{\min}$ im Frühjahr mit und ohne Einarbeitung

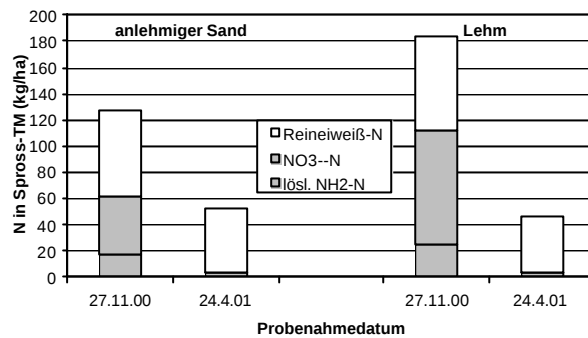


Abbildung 3: N-Fraktionen in der Spross-TM zum Ende der Vegetation und nach dem Winter

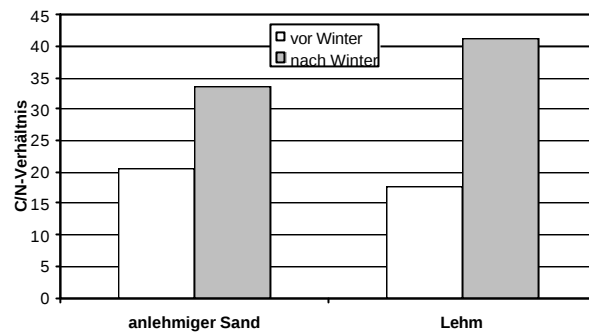


Abbildung 4: C/N-Verhältnisse der Spross-TM des Gelbsenf vor und nach dem Winter

Der Anbau der Zwischenfrucht führte auf beiden Böden zu einem signifikanten Ertragsanstieg beim nachgebauten Silomais (Tab. 2). Im Hinblick auf die N-Entzüge sind die Verhältnisse nicht ganz so deutlich. Geschuldet ist dies in erster Linie der Tatsache, dass ohne herbstliche Bebauung der N_{min} über Winter zwar aus der Schicht bis 90 cm Tiefe, nicht aber vollständig aus dem gesamten durchwurzelbaren Bodenvolumen, ausgetragen wurde. Mit dem Vordringen der Wurzeln in tiefere Bodenschichten konnte später zumindest ein Teil durch den Mais genutzt werden. Der Einfluss auf die TM-Bildung war dann allerdings nur noch begrenzt.

Tabelle 2: TM-Ertrag und N-Entzug von Silomais in Abhängigkeit von der N-Menge in der Zwischenfrucht

N-Zufuhr (kg/ha)		anlehmiger Sand		N-Zufuhr (kg/ha)		Lehm	
Zwischenfrucht (N _f)	Mineraldünger	TM-Ertrag dt/ha	N-Entzug kg/ha	Zwischenfrucht (N _f)	Mineraldünger	TM-Ertrag dt/ha	N-Entzug kg/ha
0	70	165	206	0	50	190	264
128	70	197	259	184	50	225	304
206	70	226	299	224	50	244	325
GD _(5%;Tukey)		16	61			32	42

Der Anbau der Zwischenfrucht brachte auf dem anlehmigen Sand Mehrentzüge von 53 bzw. 93 kg N/ha (Abb. 5), das entspricht 41 ... 45 % des vor dem Winter im Senf vorhandenen Stickstoffs. Die niedrigeren Beträge auf dem Lehm sind auf die unvollständigere Verlagerung unter der Brache zurückzuführen. Durch die Verfügbarkeit des unter 90 cm Tiefe verlagerten Stickstoffs lässt sich der Beitrag des aus der Zwischenfrucht stammenden N durch einfache Differenzbildung nicht bestimmen. Bessere Auskunft geben die Befunde der ¹⁵N-Untersuchungen (Tab. 3 und Abb. 6).

Von dem im August applizierten markierten Stickstoff wurden zum Ende der Vegetation etwa 82 ... 86 % (Tab. 3) wieder gefunden. Davon befanden sich zwei Drittel in der Spross-TM und ein Drittel als organisch gebundener N im Boden. Da unter der Brache der ¹⁵N ausschließlich in mineralischer Form vorlag, muss der Einbau in die organische Fraktion über den Senf erfolgt sein. Das Vordringen in die tieferen Bodenschichten war dann das Ergebnis von Wurzelwachstum und der dabei abgegebenen Exsudate sowie mikrobieller Umsetzungen.

Während auf dem Lehm ohne Bewuchs der gleiche Anteil an markiertem N erhalten blieb, sind auf dem Sand vor dem Winter nur noch 45 % vorhanden. Da ein Teil des

Nitrat-N bereits zu diesem Zeitpunkt tiefer als 90 cm verlagert war, muss die herbstliche N-Freisetzung sogar > 50 kg/ha betragen haben.

Tabelle 3: Verbleib des im August 2000 ausgebrachten ^{15}N bis zur Ernte des Silomais im September 2001

Termin			anlehmiger Sand		Lehm	
			Zwischenfrucht			
			mit	ohne	mit	ohne
August 2000	verabfolgter ¹⁵ N	kg/ha	5	5	5	5
Dezember 2000	¹⁵ N in der Senf-TM	kg/ha	2,59	-	3,04	-
	¹⁵ N im N _t Boden	kg/ha	1,53	2,26	1,28	4,28
	Wiederfindung	(%)	82	46	86	86
April 2001	¹⁵ N in der Senf-TM	kg/ha	0,83	-	0,55	-
	¹⁵ N im N _t Boden	kg/ha	3,88	0,10	3,89	2,84
	Wiederfindung	(%)	94	2	89	57
September 2001	¹⁵ N in der Mais-TM	kg/ha	0,88	0,54	1,77	1,94
	¹⁵ N im N _t Boden	kg/ha	3,62	0,70	2,11	0,79
	Wiederfindung	(%)	89	25	78	55

Die Abnahmen im markierten N der Gelbsenf-TM über Winter stimmen gut mit dem Rückgang des Gesamt-N im Pflanzenmaterial überein und finden sich im N_t des Bodens wieder. Der freigesetzte Stickstoff war selbst auf dem Sand - bei 179 mm Niederschlag von Dezember bis April - nicht von Verlusten betroffen. Ganz anders unter der Brache, wo lediglich auf dem Lehm in 60 - 90 cm Tiefe noch die Hälfte des im August ausgebrachten ^{15}N vorlag.

Dieser Anteil findet sich auch zur Ernte des nachgebauten Mais wieder. Das weist auf die gute Verfügbarkeit des unterhalb der Tiefe von 60 cm befindlichen markierten Nitrat-N hin. Über den Beitrag des Unterbodens ergibt sich bei der Betrachtung der Ergebnisse der beiden Böden ein scheinbarer Widerspruch. Während auf dem Sand mit dem Vordringen der Wurzeln unterhalb der Bodentiefe von 90 cm ein Teil des bereits verloren geglaubten markierten N wieder erscheint, bleibt der Anteil unter dem Lehm unveränderlich. Ursache dafür sind vermutlich Denitrifikationsverluste, so dass auf dem Lehm die Wiederfindung insgesamt geringer bleibt.

Der markierte Stickstoff, als Teil des Ausgangs- N_{min} , wurde schnell in die Zwischenfrucht bzw. die organische N-Fraktion des Bodens überführt. Nach über einem Jahr sind 80 ... 90 % erhalten geblieben. Im Mais selbst finden sich davon 21 % (Sand) und 41 % (Lehm) wieder. Unter Zugrundelegung des im Dezember in der Spross-TM ermittelten N errechnet sich eine Ausnutzung von 34 % bzw. 58 %.

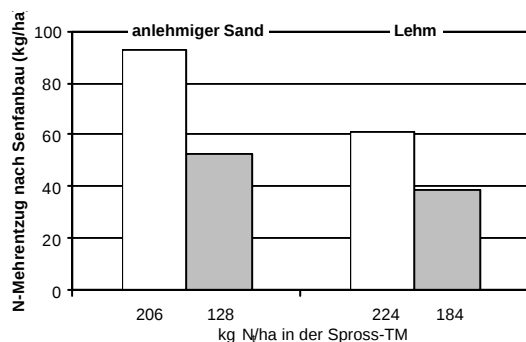


Abbildung 5: N-Mehrentzug nach Zwischenfruchtanbau im Vergleich zur herbstlichen Brache

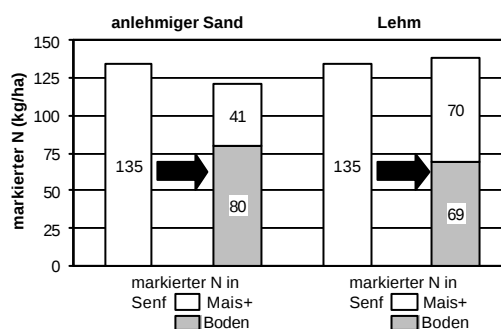


Abbildung 6: Verbleib des vor dem Winter eingearbeiteten markierten Zwischenfrucht-N bis zur Maisernte

In welchem Umfang letztendlich Zwischenfrucht- oder der im Boden eingebundene ^{15}N beteiligt war, lässt sich hier schwer abschätzen. Anders dort, wo separat mit markiertem N angezogene Senfpflanzen vor dem Winter ausgebracht wurden. Der Mais entzog von dem zugeführten markierten Stickstoff auf dem Sand 41 und auf dem Lehm 70 kg/ha, entsprechend 30 bzw. 52 % (Abb. 6). Das stimmt mit den bereits zuvor ermittelten Beträgen überein. Vom Mais aufgenommen wurde also vor allem der in der Zwischenfrucht inkorporierte und nicht der in die organische Fraktion des Bodens eingebundene Stickstoff.

Schlussfolgerung

In Abhängigkeit von den Standortbedingungen konservieren Zwischenfrüchte bis zu 200 kg N/ha. Im Boden verbliebener Reststickstoff und die herbstliche N-Freisetzung kann so gut verwertet werden. Unter ungünstigeren Voraussetzungen für das Wachstum bleibt die N-Aufnahme wesentlich darunter. Zur Bildung von 40 (Sand) und 60 (Lehm) dt TM/ha reichte es aus, wenn zur Aussaat 50 kg $\text{N}_{\min}$ /ha in 0 - 90 cm Tiefe vorhanden waren.

Hohes Stickstoffangebot - bei hohem Rest- $\text{N}_{\min}$ bzw. durch zusätzliche N-Gaben - führt zur Anreicherung löslicher N-Verbindungen. Nach dem Abfrieren nicht winterharter Pflanzen werden diese durch die nachfolgenden Niederschläge zügig in den Boden eingetragen. Da es sich zumeist um Nitrat-N handelte, bedurfte es keiner mikrobiellen Umsetzung und erhöhte direkt den $\text{N}_{\min}$ des Bodens. Auf leichten und flachgründigen Standorten führt das schnell zu N - Verlusten, so dass hier der Anbau nicht abfrierender Zwischenfrüchte vorteilhafter ist.

Einarbeiten des Pflanzenmaterials unmittelbar vor der Vegetationsruhe erhöhte bis zum Frühjahr den $\text{N}_{\min}$ -Gehalt weniger stark. Die unterschiedliche Einarbeitung hatte keinen Einfluss auf die N-Freisetzung.

Durch den Anbau der Zwischenfrucht wurde ein deutlicherer Ertragszuwachs und N-Mehrentzug erzielt. Der nachgebaute Mais nutzte auf dem Sand ein Drittel und auf dem Lehm sogar mehr als die Hälfte des im Herbst zuvor in die Gelbsenftrockenmasse eingebundenen N. Die schlechtere Ausnutzung auf dem leichten Boden wurde jedoch nicht durch Verluste verursacht. Der zügige und anteilmäßig höhere Einbau in die organische N-Fraktion des Bodens weist eher auf eine langfristige Speicherung hin.

Emissionen N-haltiger Spurengase aus Klee gras-Beständen mit Schnitt- und Mulchnutzung

Weber, Andreas (Freising-Weihenstephan); Heuwinkel, Hauke; Gutser, Reinhold:

Eine nachhaltige Landwirtschaft verlangt neben der Schonung natürlicher Ressourcen auch eine Verminderung der Umweltbelastungen insbesondere auch in der Atmosphäre. Für eine umfassende Quantifizierung dieser Belastungen ist eine Kenntnis unvermeidbarer gasförmiger N-Verluste in allen Teilbereichen der Landwirtschaft notwendig. Oberflächlich aufliegendes N-reiches Pflanzenmaterial, wie Mulch von Klee gras-Beständen, kann in Folge von Abbauprozessen zu gasförmigen Emissionen führen.

Zielsetzung der vorgestellten Untersuchung war die Quantifizierung der NH_3 und NO_x -Verluste nach Mulchnutzung von Klee gras im Vergleich zu Schnittnutzung unter natürlichen Freilandbedingungen. Die Messung der NH_3 - und NO_x -Emissionen erfolgte mit der modifizierten dynamischen Kammermethode (WEBER et al., 2000) und wurde in einem Langzeitexperiment zur Prüfung von Fruchtfolgen für ökologische Betriebe mit und ohne Tierhaltung durchgeführt (Versuchsansteller: Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Freising; Standort: Viehhausen, tertiäres Hügelland Südbayerns, Braunerde aus Lößlehm (uL), jährl. Temperaturmittel 7,4 °C, Niederschlagssumme 800 mm). Das Klee gras wurde im Jahr 2000 4-mal genutzt und für jeweils 2 Wochen die gasförmigen NH_3 - und NO_x -Austräge kontinuierlich erfaßt.

Die NH_3 -Verluste nach dem Mulchen schwankten zwischen 1 kg $\text{NH}_3\text{-N ha}^{-1}$ (1. Nutzung Mitte Mai) und 3,5 kg $\text{NH}_3\text{-N ha}^{-1}$ (3. Nutzung Mitte August). Nach Schnittnutzung waren die NH_3 -Emissionen mit maximal 1,5 kg $\text{NH}_3\text{-N ha}^{-1}$ deutlich niedriger. Im Durchschnitt wurde nach Mulchnutzung 2,3 kg $\text{NH}_3\text{-N ha}^{-1}$ bzw. nach Schnittnutzung 0,7 kg $\text{NH}_3\text{-N ha}^{-1}$ emittiert. Neben der Temperatur beeinflusste die Verteilung der Niederschläge sehr wesentlich die NH_3 -Freisetzung. Dem Anstieg der NH_3 -Verlusten gingen in allen Meßperioden Niederschläge voraus, die zu einer Befeuchtung des Mulchmaterials führten.

Die NO_x -Emissionen waren im Vergleich zu NH_3 unbedeutend gering und schwankten zwischen +21 g $\text{NO}_x\text{-N ha}^{-1}$ (Emission) bis -194 g $\text{NO}_x\text{-N ha}^{-1}$ (Deposition); zu Beginn der Vegetationsperiode wurden überwiegend NO_x -Emissionen im weiteren Verlauf zunehmend Deposition festgestellt. Direkte Zusammenhänge zwischen der Witterung und den NO_x -Flüssen konnten nicht festgestellt werden.

2000 betrugen die NH_3 -Emissionen insgesamt bei 4 Nutzungen des Klee grasses als Mulch 9,3 kg $\text{NH}_3\text{-N ha}^{-1}$. Bezogen auf die im Mulchmaterial enthaltenen N-Mengen erreichten aber die Verluste allerdings nur ca. 2 %. Aus den nach 4 Schnittnutzungen verbleibenden Stoppelresten wurden mit insgesamt 2,8 kg $\text{NH}_3\text{-N ha}^{-1}$ deutlich weniger emittiert.

Neben der Witterung als wesentlichstem Einflußfaktor wirkte sich auch die Beschaffenheit des Pflanzenmaterials (N-Gehalt, Trockenmasse-Gehalt, C/N-Verhältnis) in Abhängigkeit von Nutzungszeitpunkt auf die Geschwindigkeit der Zersetzung der organischen Substanz und folglich auf die Freisetzung von NH_3 aus. Steigende N-Gehalte bzw. fallende C/N-Quotienten führten zu einer Zunahme der NH_3 -Verluste.

Die NH_3 -Emissionen aus Klee grassmulch können in viehlos wirtschaftenden Öko-Betrieben somit einen wesentlichen Anteil an den unvermeidbaren gasförmigen N

Verlusten einnehmen. In viehhaltenden Betrieben ist mit wesentliche höheren Gesamtverlusten zu rechnen (Verluste im Stall, Güllelager und Gülleausbringung).

Form des diffusen P-Eintrages und Auswirkungen auf die Gewässergüte von Vorflutern im ländlichen Raum

Mokry, Markus (Karlsruhe)¹; Schneider, Christine

Einleitung

Die Stoffeinträge in ein Gewässer werden in diffuse und punktuelle Quellen unterteilt. Über die Hälfte der P-Einträge stammen in Deutschland aus punktförmigen Quellen (Kommunen: 30%; Industrie: 10%; Sonstige: 14%), der Rest aus der Landwirtschaft und dort vor allem aus diffusen Quellen (Umweltbundesamt, 1997). Durch den Einsatz phosphatfreier Waschmittel und die zunehmende P-Elimination in den Kläranlagen sind die P-Einträge aus punktförmigen Quellen zurückgegangen. 1500 t oder 3% des von der Landwirtschaft verursachten P-Eintrages können den Dränagen zugeschrieben werden. Während durch Erosionsschutzmaßnahmen die Bodenerosion deutlich reduziert werden kann, ist eine Verringerung der P-Einträge über das Sickerwasser weitaus schwieriger. Heckrath et al. (1995) und Stamm (1997) fanden in Dränagewässern Gesamt-P-Konzentrationen von 0,5-2,5 mg/l bzw. bis 4,8 mg/l gelösten reaktiven Phosphor (SRP) vor. Um aus limnologischer Sicht negative Auswirkungen durch P-Einträge in ein Gewässer zu bekommen, genügen schon Dränagekonzentrationen von 0,15 mg/l. Durch die erhöhten P-Gehalte im Gewässer kommt es dabei zu Eutrophierungserscheinungen und in Folge Zersetzung abgestorbener Biomasse wird Sauerstoff verbraucht. Für das Algenwachstum sind alle löslichen Phosphorverbindungen im Wasser von Bedeutung. Die Hauptphosphorquelle bildet dabei der gelöste reaktive Phosphor, da die löslichen organischen Phosphatverbindungen (DOP) erst durch Mineralisation in pflanzenverfügbare Verbindungen umgewandelt werden müssen.

Zielsetzung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden in den Dränagen eines Lößgebietes zeitweise stark erhöhte P-Konzentrationen gemessen. Dies wurde auf Versickerungsschübe durch Makroporenfluss zurückgeführt (BEUDERT, 1997). Folgende Ziele wurden mit vorliegender Diplomarbeit verfolgt:

Ermittlung der biologischen Gewässergüte des Vorfluters mittels Saprobienindex
Lysimeterversuche zur Klärung einer vertikalen P-Verlagerung in Makroporen mit P-Austrag über angeschlossene Dränagen.

Ergebnisse

Saprobienindex/Gewässergüte

Zur Ermittlung und Bewertung der biologischen Gewässergüte wurde der Saprobienindex nach DIN 38410 bestimmt. Die Kriterien zur Beurteilung der Gewässergüte von Fließgewässern erfolgten nach LAWA (1990).

Im Untersuchungsgebiet wurde ein Saprobienindex von 2,2 ermittelt und nach LAWA die Güteklasse II (mäßig belastet; β -mesosaprob) festgelegt. Hierbei konnten nicht alle Bewertungsparameter - wohl in Folge des geringen Datenpools - exakt den von der LAWA geforderten Datenbereichen zugeordnet werden.

¹ eMail: markus.mokry@lufa.bwl.de

Tab. 1 Untersuchungsergebnisse – Oberflächengewässer

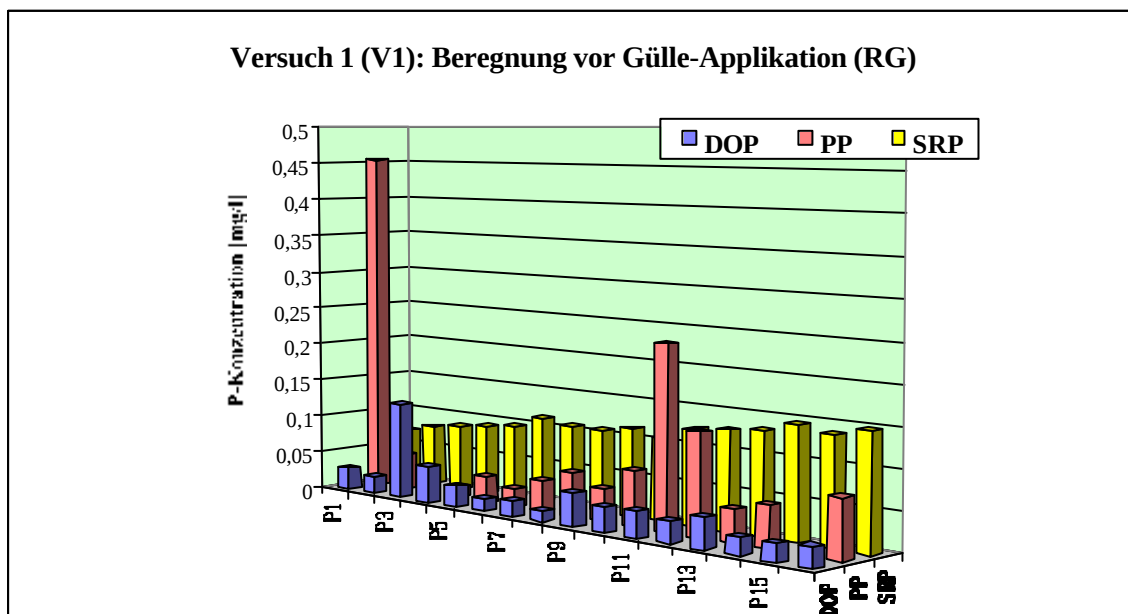
	P1	P2	P3
Temperatur [°C]	13,3	14,1	17,1
pH-Wert	7,6	7,6	7,7
O ₂ -Sättigung [%]	106	103	87
O ₂ -Konzentration [mg/l]	10,6	10,5	8,4
Leitfähigkeit [µS/cm]	700	744	727
Nitrat [mg/l]	63	67	71
Ammonium [mg/l]	0,4	0,9	1,8
SRP [mg/l]	0,016	0,038	0,166
BSB ₅ [mg O ₂ /l]	6,3	8,5	7,2
CSB [mg O ₂ /l]	11	24	21
CSB:BSB	1,7	2,8	2,9

(arithmetisches Mittel der Probenahmestellen P1, P2 und P3)

Makroporentransport/Lysimeterversuche

Für das Experiment wurden in einem Löß-Kolluvisol direkt über einer Drainageleitung Bodenmonolithe entnommen, im Labor mit frischer Rindergülle versetzt und unter definierten Bedingungen beregnet. Ziel war es, bei praxisnaher Aufbringung von Gülle mit Beregnung direkt und 3 Wochen nach Applikation die P-Dynamik im Boden und Perkolat differenziert nach den verschiedenen P-Fractionen zu quantifizieren. Die P-Fractionen sollten im Perkolat wie in der Gülle nachgewiesen werden, um deren Anteile und Mobilität besser miteinander vergleichen zu können (Abb. 1-3; Tab.2).

Die Gefahr einer P-Verlagerung über Makroporen ist in den Böden des Untersuchungsgebietes nicht auszuschließen. Obwohl die Versuchsergebnisse sich nur auf Bodensäulen von 50 cm Länge beziehen, ist mit einer tieferen Verlagerung zu rechnen. Besonders in den Kolluvien sind genügend geöffnete Makroporen vorhanden, die bis in Drainagetiefe hinab reichen. Zwar liegen die P-Konzentrationen der Drainagewässer im Untersuchungsgebiet unterhalb des Qualitätszieles für Fließgewässer von 0,05-0,15 mg/l, doch muss dies auf Verdünnungseffekte in den Drainagen zurückgeführt werden, da nach älteren Untersuchungen im Messgebiet Konzentrationsspitzen bis 0,19 mg/l auftreten können.



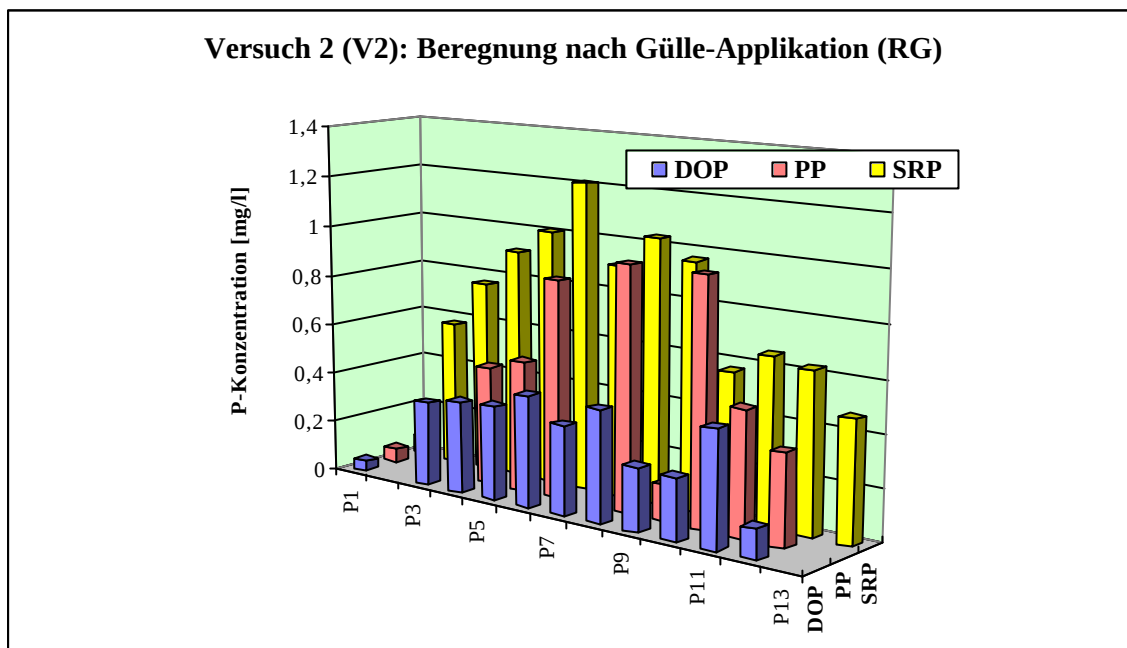


Abb. 1 und 2: PP-, DOP- und SRP-Konzentrationen des Perkolates der Versuche V1 und V2

Prinzipiell besteht danach die Gefahr der P-Verlagerung über Makroporen vor allem bei Gülleausbringung in niederschlagsreichen Monaten bei einem voll ausgebildeten Makroporensystem, d.h. im Herbst. Die Verbindung der Makroporen zur Oberfläche könnte jedoch durch vorherige Bodenbearbeitung unterbrochen bzw. behindert werden (FLURY, 1996). Besser wäre es allerdings, Gülle nur bei trockener Wetterlage aufzubringen und sofort einzuarbeiten. Dadurch kann die P-Konzentration des Perkolates um das Vierfache reduziert werden (siehe V3).

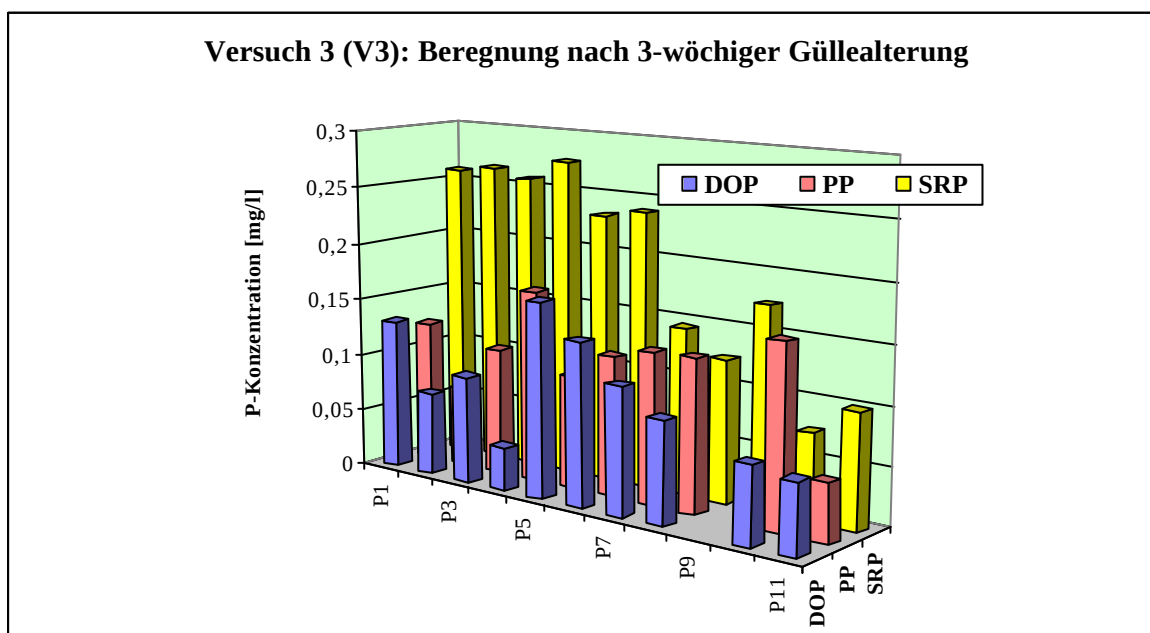


Abb. 3: PP-, DOP- und SRP-Konzentrationen des Perkolates des Versuches V3

Tab. 2 Anteil der P-Fractionen in der Rindergülle und im Perkolat

	PP in %	DOP in %	SRP in %
Rindergülle /frisch)	60	18	22
Perkolat V1 (ohne R.Gülle)	39	13	48
Perkolat V2 (mit frischer R.Gülle)	27	20	53
Perkolat V3 (mit gealterter R.Gülle)	31	22	47

Zusammenfassung

Gewässergüte

- Das Oberflächengewässer zeigt anhand der biologischen als auch chemisch-physikalischen Untersuchungen eine mäßige Belastung der Gewässergüte. Der Saprobienindex lag mit 2,2 in der Güteklasse II, der BSB5-Wert mit 6,3 mg O₂/l im Grenzbereich zwischen einer mäßigen bis kritischen Belastung mit organischen Stoffen.

Lysimeterversuche

- Eine P-Verlagerung über Makroporen wurde festgestellt. Der konservative Tracer Bromid war innerhalb kürzester Zeit (= ein Bodenwasser) im Perkolat nachzuweisen.
- Die P-Konzentrationen des Perkolats lagen im Versuch 2 (Berechnung direkt nach Gülleapplikation) zwischen 0,16 und 2,42 mg/l und waren 4-mal so hoch wie bei Versuch 1 "ohne Gölledüngung". Das Perkolat selbst war gelblich gefärbt und roch stark nach Gülle. Selbst nach einer 25-tägigen Alterung der Gülle (V3) waren die P-Konzentrationen des Perkolats mit 0,2-0,5 mg/l im Schnitt noch doppelt so hoch wie bei Versuch 1.
- Nach Einfärbung der Wassertransportwege mit einem Farbtracer waren mehr oder weniger senkrechte, durchgängige Makroporen zu erkennen. Ein gleichmäßiges Vordringen der Farbfront über die Bodenmatrix in die Tiefe war bei keiner Säule erfolgt.
- Das Verteilungsmuster der P-Fractionen im Perkolat war deutlich anders als in der Gülle, d.h. die P-Fractionen der Gülle haben bei der Bodenpassage eine Änderung erfahren. Die Alterung der Gülle verursachte keine Veränderung der prozentualen Verteilung der P-Fractionen des Perkolats.
- Das Eutrophierungspotential des Perkolats war sehr hoch, da vor allem SRP verlagert wurde, das direkt pflanzenverfügbar ist und somit Eutrophierungsprozessen unmittelbar zur Verfügung steht. Eine Aussage über die Mobilität der P-Fractionen, ihren Verbleib im Boden und die Größenordnung, in der die P-Fractionen im Perkolat aus der Gülle stammen, war anhand der Versuche nicht möglich.

Literatur

BEUDERT, G. (1997): Gewässerbelastung und Stoffaustrag von befestigten Flächen in einem kleinen ländlichen Einzugsgebiet. Dissertation am Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISWW) der Universität Karlsruhe (TH). - München, Wien: Oldenburg

FLURY, M. (1996): Experimental evidence of transport of pesticides through field soils- a review. Jour. Of Environm. Quality, Vol. 25, 1, 25-45

FLURY, M. / LEUENBERGER, J. / STUDER, B. / FLÜHLER, H. / JURY, W.A. / ROTH, K. (1994): Pesticide Transport Through Unsaturated Field Soils: Preferential Flow. Zürich

FLURY, M. / FLÜHLER, H. (1994): Brilliant Blue FCF as a Dye Tracer for Solute Transport Studies - A Toxicological Overview. J. Environ. Qual. 23, 1108-1112

GRESING, A. (1997): Untersuchungen zur P- Dynamik an zwei ausgewählten landwirtschaftlich genutzten Böden des Hohenloher Landes. Diplomarbeit am Institut für Geographie und Geoökologie I der Universität Karlsruhe (TH), (unveröff.)

HECKRATH, G. / BROOKES, P.C. / POULTON, P.R. / GOUDING, K.W.T. (1995): Phosphorus losses in drainage waters from an arable clay loam soil. Intern. Workshop: Phosphorus loss to water from agriculture. Wexford, Ireland, 41-42

LAWA (1990): Die Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland. Herausgegeben im Dez. 1991

Schneider, Ch. (2002): Untersuchungen zur Gewässergüte eines Vorfluters im ländlichen Raum anhand des Saprobienindex und Lysimeterversuche zur Abschätzung des vertikalen P-Eintrages durch Makroporen. Diplomarbeit am Institut für Geographie und Geoökologie I der Universität Karlsruhe (TH), (unveröff.)

STAMM, C.H. (1997): Rapid transport of phosphorus in drained grassland soils. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Terrestrische Ökologie, Abteilung Bodenphysik, Dissertation

UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (1997): Daten zur Umwelt. Erich- Schmidt- Verlag, Berlin

Atmogene Deposition von Stickstoff und Schwefel (nass, fest und gasförmig) auf landwirtschaftlichen Stationen Sachsens

Lippold, Hans (Leipzig); Albert, Erhard¹

Einleitung

Nährstoffbilanzen landwirtschaftlich genutzter Flächen sind einerseits eine Voraussetzung für nachhaltige Nährstoffversorgung und andererseits ein Richtwert zur Begrenzung umwelt-relevanter Nährstoffüberschüsse. Zur Kontrolle der Stoffflüsse kann der Eintrag von Stickstoff und Schwefel als atmogene Deposition per Niederschlag und Staub relativ problemlos gemessen werden, während man bei den biologischen Prozessen der Fixierung als Zuführung und der Denitrifizierung als Verlust weiterhin auf Schätzungen angewiesen bleibt, weil keine repräsentativen Messungen praktikabel waren. Aus langjährigen statischen Feldversuchen liegen Ergebnisse über die Stickstoff-Entzüge ungedüngter Kontrollflächen vor, welche möglicherweise als Maßstab für atmogene Stickstoffzufuhren herangezogen werden können (Körschens, 1998). Beim Schwefel sollte infolge der verminderten Emissionen der Eintrag über die Atmosphäre abnehmen, wodurch sich die Vorräte im Oberboden allmählich erschöpfen könnten und kompensierende Düngungsmaßnahmen erforderlich werden.

Methoden

Um die Deposition für die landwirtschaftlichen Versuchsstationen der sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft belegen zu können, wurden 1998 Bulk-Sampler von 314 cm² Auf-fangfläche zur Gewinnung des sog. Staubwassers für die nasse und feste Deposition installiert (1995-97 wurde das Wasser der Regenmesser analysiert). Die Bulk-Sampler sind 1 m über dem Boden angebracht. Eine umgekehrte PE-Flasche ohne Boden bildet den Auffangtrichter und mündet in eine Sammelflasche von 4 Liter Inhalt. Ein Gaze-netz im Flaschenhals hält Insekten fern und ein Borstenkranz am Trichterrand soll Vögel am Aufsitzen hindern. In der Sammelflasche wurde Kupferblech eingelegt, was die Algen-bildung effektiv reduziert. Das Staubwasser wird monatlich gesammelt und analysiert. Die Bestimmung des Schwefels erfolgt emissionsspektrometrisch (ICP). Ein Kjeldahl-Aufschluß erfaßt Ammonium-N, Nitrat-N und organischen N als Gesamt-N.

Ab 1999 wurden in Leipzig Passiv-Sammler zum Nachweis der gasförmigen Deposition von Stickstoff und Schwefel exponiert. Als Passiv-Sammler dienen Schalen (Oberfläche 167 cm²) mit feuchtem Sand als Modell-Bodenoberfläche. Die Schalen sind bodennah in einem regengeschützten Käfig untergebracht. Die Erfahrungen des Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle UFZ (Mehlert, 1996) nutzend, wird der Sand durch Glycerin/Wasser-Mischungen entsprechend der aktuellen Luftfeuchtigkeit feucht gehalten. Der Sand für die Stickstoff-Absorption wird durch Salizylsäure schwach sauer und steril gehalten und enthält ¹⁵N-markiertes Ammoniumnitrat. Die Absorption von NH₃ und NO₂ ist über die Isotopenverdünnung messbar. Der Sand zur Schwefel-Absorption ist durch Kaliumcarbonat basisch imprägniert. Der absorbierte Schwefel wird emissionsspektrometrisch (ICP) als SO₄ gemessen.

¹ Dr. Hans Lippold u. Dr. habil. Erhard Albert, Sächs. Landesanstalt f. Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur u. Pflanzenbau, 04159 LEIPZIG, Gustav-Kühn-Str.8

In der Tabelle sind die jährlichen Summen der Niederschläge und der im Bulk-Sampler analysierten Stickstoff- und Schwefelmengen aufgeführt (Stickstoff als Summe von $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ und organischem N).

Jährliche Deposition von Stickstoff und Schwefel im Bulk-Sampler (nass+fest)

* in Leipzig auch gasförmige Deposition in Passivsammelern

		Leipzig	Spröda	Methau	Roda	Nossen	Salbitz	Christ- grün	Forch- heim	Pomm- ritz
		nordwes- t. Tiefland	nordwes- t. Tiefland	zentral. Hügellan- d	zentral. Hügellan- d	zentral. Hügella- nd	zentral. Hügellan- d	westl.Vo- r- Erzgebir- ge	zentral. Erzgebir- ge	östl. Vor- Erzgebir- ge
2001	mm NS	657	652	698	708	713	655	584	942	712
	kg/ha N	5,8* 14	19	12	12	12	17	24	18	22
	kg/ha S	2,2* 9	6	8	7	9	7	7	9	10
2000	NS	532	520	657	621	613	577	636	894	553
	N	5,6* 15	6	13	15	12	10	39	15	20
	S	2,4* 12	12	10	7	10	10	12	9	9
1999	NS	557	445	616	653	702	596	631	793	558
	N	5,4* 16	16	16	11	17	11	27	21	10
	S	4,7* 7	16	14	9	10	10	11	9	6
1998	NS	652	470	686	705	1008	785	792	985	661
	N	25	24	14	13	15	27	30	19	16
	S	10	9	14	12	17	12	19	12	13

Im Mittel aller Stationen und der Jahre **1998 - 2001** ergibt sich eine **Schwefel-**Deposition von **$10 \pm 3 \text{ kg/ha}$** und Jahr. Ein abnehmender Trend deutet sich an.

Für den **Stickstoff** ergibt die entsprechende Mittelung **$17 \pm 6 \text{ kg/ha}$** , das Niveau stabilisierte sich in den letzten 3 Jahren, die räumliche Differenzierung ist nicht sehr ausgeprägt, die erzgebirgsnahen Stationen zeigten etwas höhere N-Depositionen.

Für 1999,2000 und 2001 liegen für Leipzig Messwerte der gasförmigen Deposition vor. Es ergaben sich nahezu zeitkonstant für **Stickstoff $5,6 \text{ kg/ha}$** pro Jahr. Im Jahr 2000 wurden **2,4 kg** und i. J. 2001 **2,2 kg** Schwefel absorbiert (die 4,7 kg Schwefel für 1999 mußten aus 7 Monatswerten hochgerechnet werden und sichern daher keine abnehmende Tendenz).

Die Absorption durch feuchten präparierten Sand trägt über den qualitativen Prozessnachweis hinaus selbstverständlich Modellcharakter, d.h. der reale Wert kann erheblich größer dimensioniert sein, auch wird prinzipiell nicht die aktive Bindung von Stickstoff- und Schwefelgasen durch Pflanzenbestände erfaßt. Nach Untersuchungen am UFZ mit auf Sandgefäßen gezogenen und mit ^{15}N -Stickstoff gedüngten Pflanzen inmitten eines Bestandes (Integral Total Nitrogen Input-Meßsystem „ITNI“) soll die gesamte gasförmige Deposition von Stickstoff (inclusive Pflanzenanteil) etwa dasselbe Ausmaß wie die Deposition im Bulk-Sampler erreichen

(Russow et al. 1997). Unter dieser Voraussetzung würden sich für Sachsen jährlich **34 kg/ha** als Stickstoff-Deposition ergeben.

Schlußfolgerung

Die atmogene (nasse+feste) Deposition von Schwefel und Stickstoff gemessen an den Stationen der sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft erreichte in den letzten 4 Jahren ein niedrigeres Niveau von **17 kg/ha N** bzw. **10 kg/ha S** im Vergleich zu 1995-97 von **28 kg/ha N** und **22 kg/ha S** (Lippold u. Albert, 1999). Die gemessene (nasse+feste) Deposition von Stickstoff ist nicht ohne Bedeutung für die Stickstoff-Bilanz, wenn man unterstellen darf, dass die gasförmige Deposition den Bruttowert auf 34 kg/ha N erhöht. Die am statischen Versuch in Bad Lauchstädt registrierten Werte von 50 kg/ha N werden in Sachsen im Zeitraum 1998-2001 offenbar nicht voll erreicht.

Die Deposition von Schwefel beim derzeitigen Niveau von 10 kg/ha kann den Bedarf der Kulturen nur teilweise decken, die zusätzliche gasförmige Deposition ist zwar qualitativ nachweisbar, es liegen aber keine Ergebnisse zum aktiven Anteil von Pflanzenbeständen vor.

Unsere Messungen an Unterflur-Lysimetern am statischen Feldversuch in Methau ergaben im Zeitraum 1995-2002 nahezu konstante Sulfat-Austräge aus dem Oberboden, sodass die zu erwartende Verarmung des Bodens infolge verminderter Deposition an diesem Löß-Lehm-Standort noch nicht sichtbar ist.

Literatur

Körschens, M. (1998) Erträge, N-Entzüge und Humusdynamik im statischen Düngungsversuch Bad Lauchstädt, 18 Jahre nach Erweiterung der Versuchsfrage.- Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin, 42, S. 77-92

Lippold, H. und Albert, E., (1999) Neue Messungen der atmogenen Deposition von S und N auf landwirtschaftlichen Stationen Sachsens.- VDLUFA-Schriftenreihe 52, Kongreßband, S. 235-237

Mehlert, S., (1996) Untersuchungen zur atmogenen Stickstoffdeposition und zur Nitratverlagerung, Diss.: UFZ-Bericht 22, 154 S.

Russow, R., Mehlert, S., Schulz, E. und Körschens, M. (1997) Untersuchungen zur atmogenen N-Deposition im Mitteldeutschen Trockengebiet.-VDLUFA-Schriftenreihe 46, Kongreßband, S. 695-698

Nährstoffsaldo auf Betriebsebene Hoftor- oder Feld-Stall-Ansatz?

Hege, Ulrich (Freising); Offenberger, Konrad

Einleitung:

Nährstoffsalden sind ein wichtiges Instrument zur Feststellung der Nährstoffeffizienz. Mit einfach zu erhebenden Betriebsdaten soll die Nährstoffsituation erfasst und Betriebe erkannt werden, die aus ökonomischer Sicht einen nicht notwendigen und aus ökologischer Sicht einen nicht akzeptablen Nährstoffüberhang aufweisen. Die Nährstoffsaldierung wird deshalb vom Gesetzgeber aus ökonomischen und ökologischen Gründen als unabdingbar angesehen. Voraussetzung dafür ist, dass ein Saldierungsansatz gewählt wird, welcher die betriebliche Situation auch tatsächlich widerspiegelt.

Saldierungsansatz:

Der Nährstoffsaldo landwirtschaftlicher Betriebe kann auf zwei Arten gerechnet werden, nämlich auf Feld-Stall-Basis (FS) und auf Hoftor-Basis (HT). Die dafür erforderlichen Daten sind in Tab. 1 aufgeführt.

Tab. 1: Erforderliche Angaben für die Nährstoffsaldierung eines landwirtschaftlichen Betriebes

Nährstoffzu- bzw. abfuhr	A n s a t z Feld-Stall-Basis (FS)	Hoftor-Basis (HT)
Nährstoffzufuhr durch:	- Mineraldünger - Ausscheidung der Tiere - symbiotische N-Bindung - sonstige organische Dünger	- Mineraldünger - Viehzukauf - Futtermittel - symbiotische N-Bindung - sonstige organische Dünger
Nährstoffabfuhr durch:	- Ernteprodukte - Abgabe eigener organ. Dünger	- Verkauf an pflanzlichen und tierischen Produkten - Abgabe eigener organ. Dünger

Der N-Zufuhr über Niederschläge, Saatgut und asymbiotische N-Bindung werden vereinfacht die gasförmigen N-Verluste durch Denitrifikation gleichgesetzt. Bilanzmäßig bleiben diese Größen daher außer Ansatz.

Ergebnisse einer Vergleichsrechnung:

Für 48 landwirtschaftliche Betriebe wurde der Nährstoffsaldo nach beiden Ansätzen gerechnet. Im Marktfurchtbetrieb ohne Viehhaltung führten beide Ansätze zum gleichen Ergebnis, da alle geernteten Produkte verkauft werden. In viehhaltenden Betrieben hingegen können beide Ansätze zu stark von einander abweichenden Ergebnissen führen (Abb. 1-3).

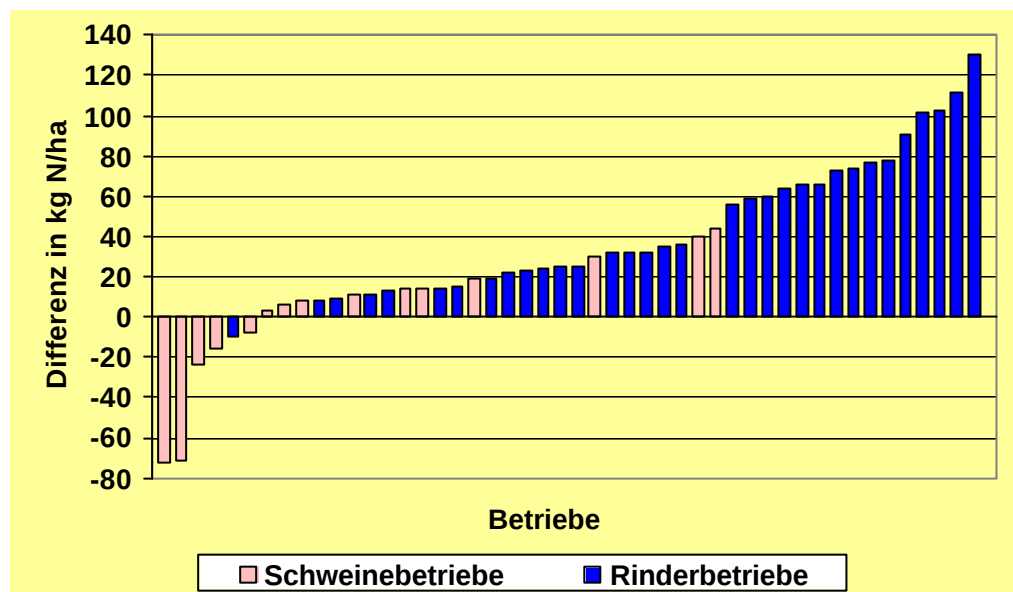


Abb. 1: Differenz im Stickstoffsaldo landwirtschaftlicher Betriebe zwischen HT- und FS-Ansatz

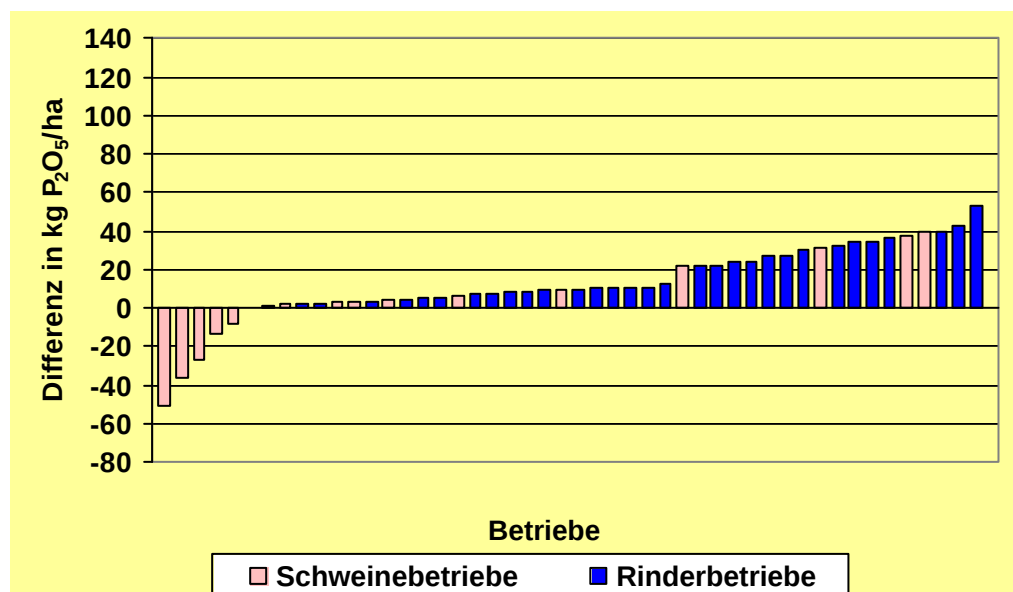


Abb. 2: Differenz im Phosphatsaldo landwirtschaftlicher Betriebe zwischen HT- und FS-Ansatz

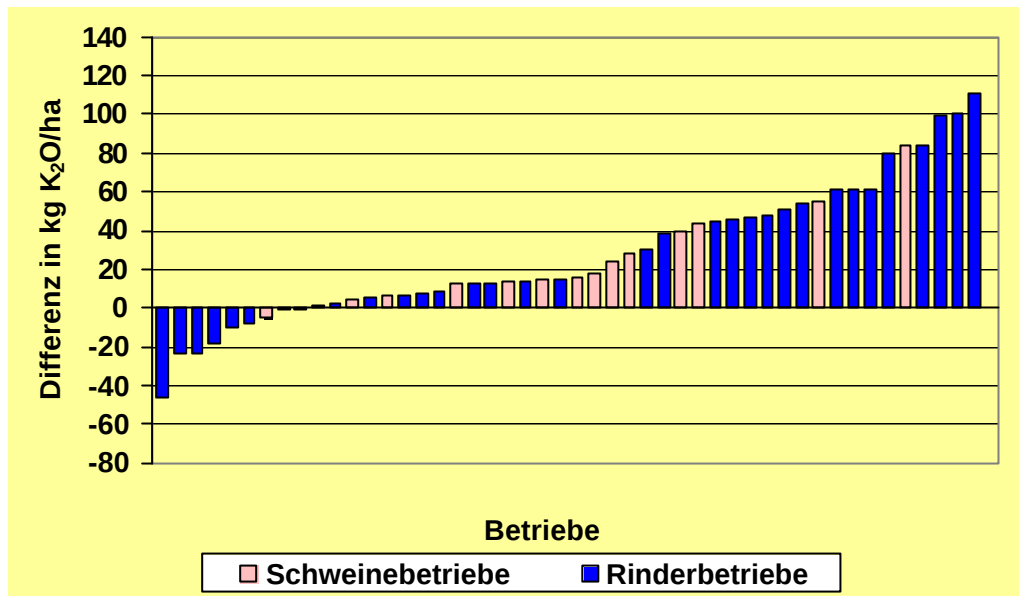


Abb. 3: Differenz im Kalisaldo landwirtschaftlicher Betriebe zwischen HT- und FS-Ansatz

Differenzen von > 20 kg N/ha, > 20 kg P_2O_5 (= 8,7 kg P)/ha und > 20 kg K_2O (= 16,6 kg K)/ha wurden festgestellt für

Stickstoff in 60 %,
Phosphat in 44 % und
Kali in 52 % der untersuchten Betriebe.

Die maximalen Differenzen lagen bei:

Stickstoff zwischen - 70 und + 130 kg N/ha,
Phosphat zwischen - 50 und + 50 kg P_2O_5 (= - 22 und + 22 kg P)/ha,
Kali zwischen - 45 und + 110 kg K_2O (= - 37 und + 91 kg K)/ha.

Eine positive Differenz bedeutet, dass der Saldierungsansatz auf Hoftor-Basis höhere, eine negative Differenz, dass durch den Feld-Stall-Ansatz höhere Salden ermittelt wurden. Auffallend ist, dass nahezu ausschließlich in schweinehaltenden Betrieben bei den Nährstoffen Stickstoff und Phosphor negative Differenzen festgestellt wurden. Die Ursache hierfür dürfte darin zu suchen sein, dass durch eine Futteroptimierung (N- und P-reduzierte Futterration) die tatsächliche N- und P-Ausscheidung der Tiere niedriger lag, als in den verwendeten Faustzahlen unterstellt wurde.

Gründe für die Abweichung:

Die Ursachen für die im Einzelbetrieb stark abweichenden Ergebnisse zwischen beiden Saldierungsansätzen liegen daran, dass beim Ansatz auf FS-Basis

1. der Ertrag von Grünland und Feldfutterbauflächen (Grundfutterflächen) und damit die Nährstoffabfuhr von diesen Flächen nur sehr ungenau abgeschätzt werden kann und

2. die Berechnung der Nährstoffausscheidung der Tiere bzw. der Nährstoffzufuhr durch wirtschaftseigene Dünger auf einer standardisierten Fütterung basiert, die der tatsächlichen betrieblichen Situation häufig nicht entspricht.

Schlussfolgerung:

Die Novellierung der Düngeverordnung (DVO) steht unmittelbar bevor. Es ist davon auszugehen, dass in der Neufassung eine Bewertung des zu erstellenden Vergleiches der Nährstoffzu- und abfuhr auf Betriebsebene enthalten sein wird und dass nicht akzeptable Nährstoffüberhänge Konsequenzen, welcher Art auch immer, zur Folge haben werden. Um entsprechend der Zielsetzung (Einleitung) einigermaßen aussagekräftige und zuverlässige Daten über die Nährstoffsituation landwirtschaftlicher Betriebe zu erhalten, sollte ausschließlich der Ansatz auf Hoftor-Basis gewählt werden, da die Nährstoffflüsse exakter erfasst werden. Wird bei der Umsetzung der DVO auch der Feld-Stall-Ansatz zugelassen, müsste durch eine detaillierte Abfrage der Fütterung eine Plausibilitätsprüfung der Erträge und damit eine Berechnung der Nährstoffabfuhr von Futterflächen (Grünland und Ackerfutterflächen) erfolgen und aus den zusätzlich gewonnenen Daten die Nährstoffausscheidung der Tiere ermittelt werden.

Stickstoff- und Phosphorbilanzen ökologisch, integriert und konventionell bewirtschafteter Acker- und Grünlandschläge in einem Mittelgebirgsraum (Region Trier)

Quirin, Markus (Trier)¹; Schröder, Dietmar

Einleitung

In den Wirtschaftsjahren 1999/00 und 2000/01 wurden jeweils über 200 Schläge von insgesamt neun landwirtschaftlichen Betrieben in drei Regionen (Hunsrück, Trierer Talweite, Eifel) und drei Bewirtschaftungsintensitäten (konventionell, integriert, ökologisch) auf ihren Nährstoffhaushalt überprüft, um herauszufinden inwieweit die potentiellen Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Atmosphäre und die Hydrosphäre von der Bewirtschaftungsintensität und der Kulturart abhängig sind.

In dieser Untersuchung wurden Stickstoffinput, -output und -saldo für unterschiedliche Kulturen, Bewirtschaftungssysteme und Regionen quantifiziert, wobei die Variabilität der schlagbezogenen Stickstoffsalden und die Höhe der maximalen Stickstoffsalden von besonderem Interesse waren. Die schlagbezogenen Phosphorsalden wurden in Verbindung mit den Phosphorgehalten des Bodens bewertet, und hohe Phosphorsalden bei hohen Phosphorgehalten als problematisch eingestuft, da sie weder ertragssteigernd noch ressourcenschonend und umweltverträglich sind.

Material und Methoden

Bei der Berechnung der schlagbezogenen Stickstoff- und Phosphorbilanzen wurden alle Nährstoffmengen erfaßt, die den einzelnen Schlägen zugeführt und als Erntegut wieder abgeführt wurden (Tab. 1).

Tab. 1: Nährstoffzufuhr und Nährstoffabfuhr der schlagbezogenen Stickstoff- und Phosphorbilanzen

Nährstoffzufuhr (N, P)	Nährstoffabfuhr (N, P)
+ Saat- und Pflanzgut	- Haupternteprodukte des Ackerbaus
+ Handelsdünger	- Nebenernteprodukte des Ackerbaus
+ Wirtschaftsdünger	- Grünlandbiomasse
+ Sekundärrohstoffdünger	
+ Biologische N-Fixierung im Ackerbau	
+ Biologische N-Fixierung im Grünland	
+ Atmosphärische Stickstoffdeposition	
å Zufuhr	å Abfuhr
Saldo = å Zufuhr - å Abfuhr	

Bei der Flächenauswahl wurden alle in den Untersuchungsbetrieben angebauten Kulturen berücksichtigt, wobei die Anzahl der Untersuchungsflächen auf vier Schläge je Kultur begrenzt wurde, sofern ein Landwirt mehr als vier Schläge einer Kultur bewirtschaftete.

Die aufgebrachten Saat- und Pflanzgutmengen wurden den Aufzeichnungen der Landwirte und die Stickstoff- und Phosphorgehalte den Tabellenwerken der MUSTERVERWALTUNGSVORSCHRIFT ZUR DÜNGEVERORDNUNG (1996) entnommen. Die aufgebrachten Handelsdüngermengen wurden ebenfalls den Aufzeichnungen der Landwirte entnommen und die Angaben der darin enthaltenen

¹ eMail: quirin@uni-trier.de

Nährstoffe stammten von den Herstellern. Die aufgebrachte Menge und die darin enthaltenen Nährstoffe der Sekundärrohstoffdünger (meist Klärschlamm) konnten den Lieferscheinen entnommen werden. Der auf die einzelnen Schläge ausgebrachte Wirtschaftsdünger wurde mit einem transportablen Radlastmesser gewogen und die darin enthaltenen Nährstoffgehalte wurden analysiert. Der Nährstoffanfall infolge der Beweidung wurde für die einzelnen Weiden und Mähweiden anhand der Besatzdichte, der Schlaggröße und der Weidedauer kalkuliert, wobei diese Daten von den Landwirten aufgezeichnet wurden. Der Stickstoffinput durch die biologische Stickstofffixierung wurde bei Leguminosenreinsaat nach den Vorgaben der MUSTERVERWALTUNGSVORSCHRIFT ZUR DÜNGEVERORDNUNG (1996) berechnet und im Grünland nach WEISSBACH (1995) ermittelt. Die atmosphärische Stickstoffdeposition wurde mit Hilfe von 7 Bulk-Sammlern erfasst, die in den drei Untersuchungsgebieten in der Nähe der untersuchten Schläge aufgestellt wurden. Zur Berechnung des Nährstoffoutputs durch die Ernteprodukte wurden die Erträge ermittelt und die Stickstoff- und Phosphorgehalte in den Ernteprodukten analysiert. Die Getreideerträge wurden mittels Quadratmeterschnitten erfasst, während die Erträge von Raps, Kartoffeln und Silomais den Aufzeichnungen der Landwirte entnommen wurden. Auf dem Grünland erfolgten vor jeder Schnittnutzung Probeschnitte und der Weideertrag wurde aufgrund der Nährstoffausscheidungen der Weidetiere (s.o.) und der Tatsache, dass der über das Futter aufgenommene Stickstoff unter Beweidung zum größten Teil wieder ausgeschieden wird, kalkuliert.

Ergebnisse

Stickstoff

Der Vergleich zwischen den Stickstoffbilanzen konventionell, integriert und biologisch bewirtschafteter Schläge erweist sich als schwierig, da in diesen Systemen unterschiedliche Kulturen bzw. Fruchtfolgen angebaut werden. Um Stickstoffinput, -output und -saldo dennoch miteinander vergleichen zu können, wurden in Abb. 1 nur die Kulturen berücksichtigt, die in allen Bewirtschaftungssystemen angebaut wurden.

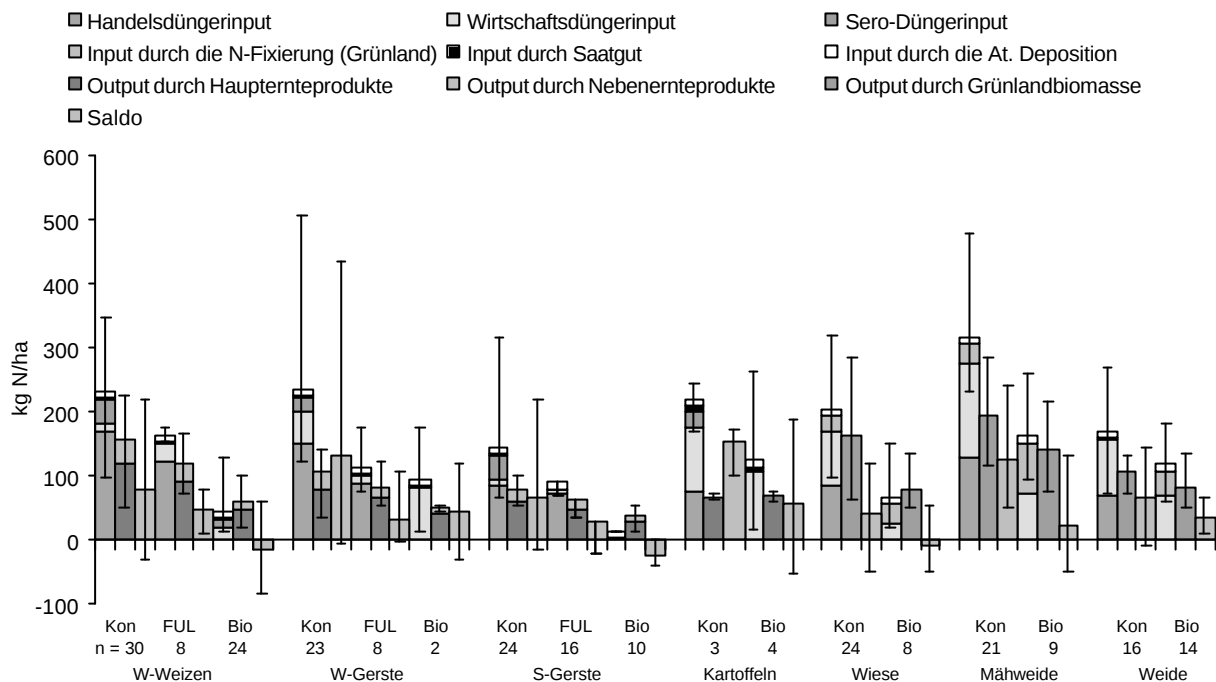


Abb. 1: Stickstoffinput-, -output und -saldo konventionell, integriert (FUL) und biologisch bewirtschafteter Acker- und Grünlandschläge der Wirtschaftsjahre 1999/2000 und 2000/2001

Die Mittelwerte von Stickstoffinput, -output und -saldo nahmen bei den in Abb. 1 dargestellten Kulturen generell in der Reihenfolge konventionell, integriert und biologisch ab.

Der mittlere Stickstoffinput betrug bei konventionell angebautem Winterweizen 230 kg N/ha. Im Vergleich dazu lag der mittlere Stickstoffinput von integriert angebautem Winterweizen bei 70 % und der von biologisch angebautem Winterweizen bei 20 %. Der geringste mittlere Stickstoffinput wurde in allen Bewirtschaftungssystemen bei Sommergerste und der höchste mittlere Stickstoffinput bei den Mähweiden nachgewiesen. Der Stickstoffinput der konventionell bewirtschafteten Mähweiden war mit 315 kg N/ha etwa doppelt so hoch, wie der der biologisch bewirtschafteten Mähweiden mit 160 kg N/ha. Der maximale Stickstoffinput eines Schläges war unter konventioneller Bewirtschaftung mit 506 kg N/ha am höchsten und wurde bei Wintergerste erzielt. Am geringsten war der maximale Stickstoffinput mit 172 kg N/ha bei integrierter Bewirtschaftung (Winterweizen), während unter biologischer Bewirtschaftung ein maximaler Stickstoffinput von 261 kg N/ha zu Kartoffeln erfolgte. Im konventionellen und integrierten Getreideanbau stellte der Handelsdünger mit 72 % des gesamten Stickstoffinputs die bedeutendste Inputgröße dar. Im biologischen Getreideanbau erfolgte die Stickstoffzufuhr vor allem durch Wirtschaftsdünger, der 62 % des Stickstoffinputs ausmachte. Der Stickstoffinput der konventionell bewirtschafteten Grünlandschläge erfolgte zu 45 % durch Wirtschaftsdünger bzw. durch den Nährstoffanfall infolge der Beweidung und zu 42 % durch Handelsdünger. Dem Input durch die biologische Stickstofffixierung kam auf den konventionell

bewirtschafteten Grünlandschlägen mit 9 % des gesamten Stickstoffinputs eine wesentlich geringere Bedeutung zu als auf den biologisch bewirtschafteten Grünlandschlägen, wo die Stickstofffixierung 43 % des gesamten Inputs ausmachte. Eine weitere wichtige Inputgröße der biologisch bewirtschafteten Grünlandschläge stellte der Wirtschaftsdünger bzw. der Nährstoffanfall der Weidetiere dar, der 48 % des gesamten Stickstoffinputs ausmachte.

Der mittlere Stickstoffoutput von Winterweizen betrug im integrierten Landbau 75 % und im biologischen Landbau 40 % des konventionellen Stickstoffoutputs. Der höchste Stickstoffoutput wurde bei konventioneller und biologischer Bewirtschaftung bei Mähweiden erzielt und den geringsten Stickstoffoutput wiesen Kartoffeln unter konventioneller und Sommergerste unter integrierter und biologischer Bewirtschaftung auf. Unabhängig vom Bewirtschaftungssystem betrug der mittlere Stickstoffoutput durch Stroh ca. 23 % des gesamten Stickstoffoutputs.

Im konventionellen und integrierten Landbau ergaben sich bei Winterweizen im Mittel positive Stickstoffsalden von 76 und 46 kg N/ha, während bei biologischem Winterweizenanbau im Mittel ein negativer Stickstoffsaldo von -15 kg N/ha erzielt wurde. Aufgrund des geringen Stickstoffinputs, kam es in allen drei Bewirtschaftungssystemen bei Sommergerste zu den geringsten mittleren Stickstoffsalden, die im konventionellen Landbau bei 64 kg N/ha, im integrierten bei 27 kg N/ha und im biologischen Landbau bei -25 kg N/ha lagen. Die höchsten mittleren Stickstoffsalden wurden unter konventioneller Bewirtschaftung bei Wintergerste mit 129 kg N/ha und bei Mähweiden mit 123 kg N/ha erzielt. Unter biologischer Bewirtschaftung wiesen Kartoffeln mit 56 kg N/ha die höchsten mittleren Stickstoffsalden auf. Die maximalen Stickstoffsalden waren im konventionellen Landbau mit 433 kg N/ha am höchsten und mit 107 kg N/ha im integrierten Landbau am geringsten. Der biologische Landbau nahm mit 186 kg N/ha wie bereits beim maximalen Stickstoffinput eine Mittelstellung ein.

Phosphor

Während die Stickstoffdüngung zumindest im konventionellen und integrierten Landbau in jedem Jahr durchgeführt wird, erfolgt die Phosphordüngung häufig als Schaukel- oder Fruchtfolgedüngung, so dass hohe einjährige Phosphorsalden, im Gegensatz zu hohen einjährigen Stickstoffsalden, auf einzelnen Schlägen nicht zwangsläufig auch ein hohes Umweltbelastungspotenzial darstellen. Aus diesem Grund sind schlagbezogene Phosphorbilanzen in bezug auf das Umweltbelastungspotenzial und die Ressourcenschonung auch nur eingeschränkt aussagekräftig und können erst in Verbindung mit den Phosphorgehalten des Bodens bewertet werden. So sind positive Phosphorsalden bei niedrigen und sehr niedrigen Phosphorgehalten ebenso erwünscht wie negative Salden bei hohen und sehr hohen Bodengehalten. Negative Phosphorsalden bei niedrigen und sehr niedrigen Bodengehalten stellen aus Sicht des Umweltschutzes zwar kein Problem dar, jedoch könnte auf diesen Schlägen eine Ertragssteigerung durch positive Salden erreicht werden. Auf jeden Fall sollten hohe Salden bei hohen und sehr hohen Bodengehalten vermieden werden, da sie weder ertragssteigernd noch ressourcenschonend und umweltverträglich sind. In der Abbildung 2 sind Schläge, die oberhalb der Gehaltsstufe C (= 9 mg/100g Boden) liegen und positive Salden aufweisen, grau hinterlegt.

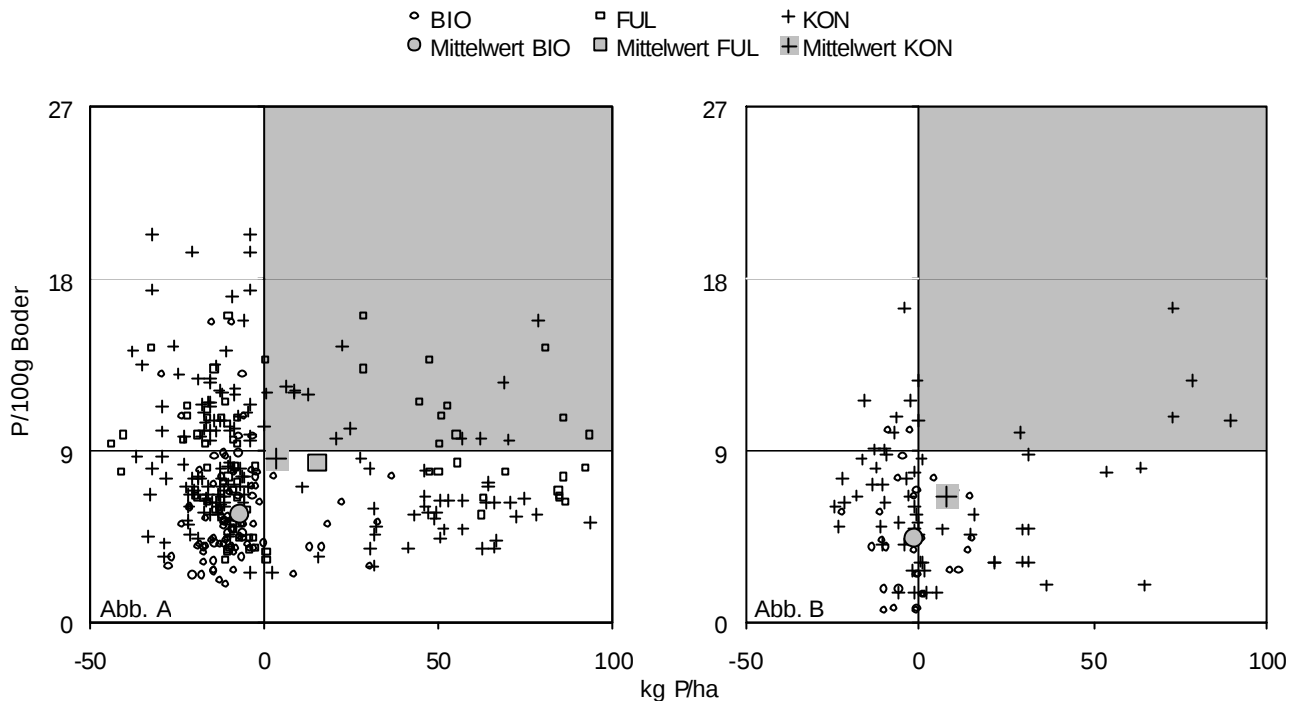


Abb. 2: Phosphor(P)salden und –gehalte konventionell, integriert und biologisch bewirtschafteter Acker- (A) und Grünlandschläge (B)

Positive Phosphorsalden waren bei 38 % der integriert, 31 % der konventionell und 10 % der biologisch bewirtschafteten Ackerschläge zu verzeichnen. Ackerschläge mit negativen Phosphorsalden und niedrigen bzw. sehr niedrigen Phosphorgehalten hatten im biologischen Landbau einen Anteil von 43 %, im integrierten Landbau von 13 % und im konventionellen Landbau von 6 %. Ackerschläge mit positiven Phosphorsalden und hohen bzw. sehr hohen Phosphorgehalten wiesen im integrierten Landbau einen Anteil von 16 % und im konventionellen Landbau einen Anteil von 8 % auf, während im biologischen Landbau keine Ackerfläche positive Phosphorsalden aufwies, wenn der Boden hoch bzw. sehr hoch mit Phosphor versorgt war.

Bei den Grünlandschlägen war der Anteil der positiven Phosphorsalden höher als auf den Ackerschlägen. So wiesen 42 % der konventionell und 33 % der biologisch und bewirtschafteten Grünlandschläge positive Phosphorsalden auf. Negative Phosphorsalden bei niedrigen bzw. sehr niedrigen Phosphorgehalten wurden bei 40 % der biologisch und 13 % der konventionell bewirtschafteten Grünlandschläge beobachtet. 8 % der konventionell bewirtschafteten Grünlandschläge wiesen positive Phosphorsalden bei hohen bzw. sehr hohen Phosphorgehalten auf während kein biologisch bewirtschafteter Grünlandschlag positive Phosphorsalden bei hohen bzw. sehr hohen Phosphorgehalten aufwies.

Diskussion

Die schlagbezogenen Stickstoffbilanzen zeigten eine hohe Variabilität von Stickstoff-input, -output und -saldo. Einerseits waren überdurchschnittlich hohe bzw. niedrige Stickstoffsalden kulturartenbedingt, wie bspw. bei Winterraps und Braugerste. Daneben wiesen aber auch einzelne Schläge überdurchschnittlich hohe Stickstoffsalden auf, die auf Managementfehler zurückzuführen waren. Dies wurde vor allem auf Schlägen beobachtet, auf denen neben Handelsdüngern noch Wirtschafts- und/oder Sekundärrohstoffdünger aufgebracht wurden. Die höchsten Schwankungen des Stickstoffsaldos innerhalb eines Betriebes und einer Kultur wurden bei konventionell angebauter Wintergerste erreicht und variierten zwischen 72 kg N/ha und 433 kg N/ha. Extrem hohe Stickstoffsalden kamen jedoch nicht nur im konventionellen Landbau vor. Auch im biologischen Landbau wurden maximale Stickstoffsalden von immerhin noch 186 kg N/ha erreicht. Solch hohe Stickstoffsalden führen zwangsläufig zu einem hohen Stickstoffeintrag in die Umwelt.

Durch die Erstellung schlagbezogener Stickstoffbilanzen können Kulturen bzw. einzelne Schläge mit hohen und sehr hohen Stickstoffüberschüssen leicht identifiziert werden, was bei einer Betriebsbilanz nicht möglich ist. Bei einer Betriebsbilanz bewirkt ein hoher Anteil an Kulturen mit überdurchschnittlich hohen Stickstoffsalden (z.B. Winterraps) ein Anstieg des gesamtbetrieblichen Stickstoffsaldos und ebenso führt ein hoher Anteil an Kulturen mit unterdurchschnittlich hohen Stickstoffsalden (z.B. Braugerste) zu einem geringeren Stickstoffsaldo der Betriebsbilanz. Bei Schlagbilanzen ergibt sich dagegen der Vorteil, dass alle in einem Betrieb angebauten Kulturen getrennt voneinander betrachtet werden. Darüber hinaus können die Ursachen für hohe Stickstoffüberschüsse, wie beispielsweise die ungenügende Berücksichtigung der Stickstoffmenge in Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern anhand schlagbezogener Stickstoffbilanzen leichter erkannt und Lösungswege zur Beseitigung der Stickstoffüberschüsse besser aufgezeigt werden, als dies mit Hilfe einer Betriebsbilanz möglich ist.

Bei der Gegenüberstellung von schlagbezogenen Phosphorsalden mit den Phosphorgehalten des Bodens stellte sich heraus, dass im Gegensatz zu den konventionell und integriert bewirtschafteten Acker- und Grünlandschlägen kein biologisch bewirtschafteter Schlag positive Phosphorsalden aufwies, wenn die Böden hoch und sehr hoch mit Phosphor versorgt waren. Dieser Zustand sollte auch auf den konventionell und integriert bewirtschafteten Schlägen angestrebt werden, so dass hoch und sehr hoch versorgte Böden durch negative Phosphorsalden abgereichert werden. Grundvoraussetzung hierfür ist ein tolerierbarer Viehbesatz, der sich aus dem gesamtbetrieblichen Phosphorentzug und Phosphoranfall ergibt, indem in einem Betrieb nicht mehr Phosphor in Wirtschaftsdüngern anfallen sollte als von den Pflanzen entzogen werden kann. Hieraus ergab sich in den Untersuchungsbetrieben ein Viehbesatz zwischen 1,1 GV/ha und 1,5 GV/ha, der vor allem von der Produktivität und der Anbaustruktur abhängig ist. Darüber hinaus sollten hoch und sehr hoch versorgte Flächen nicht mehr mineralisch gedüngt werden, mit einem Verbot für die Ausbringung von Sekundärrohstoffdüngern belegt werden und die Zufuhr mit betriebseigenem Wirtschaftsdünger sollte zumindest unterhalb der Abfuhr liegen, so dass diese Böden zumindest auf lange Sicht abgereichert werden.

Schlussbemerkung

Insgesamt wurde gezeigt, dass die mittleren Stickstoffsalden, die ein Maß für die potenziellen Stickstoffeinträge in die Atmosphäre und die Hydrosphäre darstellen, bei konventionell bewirtschafteten Schlägen am höchsten und bei biologisch bewirtschafteten Schlägen am geringsten waren. Die integriert bewirtschafteten Schläge nahmen eine Mittelstellung ein. Bezüglich der Phosphorsalden in Verbindung mit den Phosphorgehalten schnitt der biologische Landbau ebenfalls am besten ab. Jedoch kam es auf einzelnen biologisch bewirtschafteten Schlägen zu erheblichen Stickstoffüberschüssen, wobei die maximalen Stickstoffsalden im biologischen Landbau noch höher waren als im integrierten Landbau. Deshalb sollten aus ökologischen und ökonomischen Gründen (Kostenersparnis bei effizienterem Betriebsmitteleinsatz) von jedem Betrieb unabhängig von der Bewirtschaftungsintensität schlagbezogene Bilanzen auf freiwilliger Basis erstellt werden.

Literaturverzeichnis

MUSTERWALTUNGSVORSCHRIFT ZUR DÜNGEVERORDNUNG (MusterVwV DVO) (1996): Musterverwaltungsvorschrift für den Vollzug der Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 26. Januar 1996. Bundesgesetzblatt I, S. 118-121, vom 26. Januar 1996. Bonn

WEISSBACH, F. (1995): Über die Schätzung des Beitrages der symbiontischen N_2 -Fixierung durch Weißklee zur Stickstoffbilanz von Grünlandflächen. In: Landbauforschung Völkenrode, 45. Jahrgang, Heft 2: 67-74. Braunschweig

Vergleich von Nährstoffbilanzierungsformen am Beispiel des Lehr- und Versuchsgutes Köllitsch

Eckhard Rexroth; Petra Naumann und Jörg Pößneck¹

Die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Fachbereich „Tierzucht, Fischerei und Grünland“ betreibt ein Lehr- und Versuchsgut (LVG) am Standort Köllitsch. Köllitsch befindet sich im Nordwesten Sachsens, direkt an der Elbe. Neben der überbetrieblichen Ausbildung gehören Erprobungen und Demonstrationen zur Tier- und Pflanzenproduktion zum Aufgabenprofil. Praxisnah werden eine umweltgerechte und wettbewerbsfähige Landbewirtschaftung und agrarökologische Landschaftskonzepte gezeigt. Demonstrationen der Pflanzen- und Tierproduktion werden in Zusammenarbeit mit den zuständigen Fachbereichen der LfL geplant, vorbereitet, durchgeführt und ausgewertet.

Die durchschnittliche Jahresregenmenge beträgt in Köllitsch 500 mm. Sommertrockenheit ist für die Region typisch. Das LVG bewirtschaftet 950 ha landwirtschaftliche Nutzfläche, 675 ha Ackerland (AL) und 250 ha Grünland (GL). Aluvialer Auelehmboden, durchzogen mit Sandbrücken, ist die vorherrschende Bodenart (mittlere Ackerzahl 59, mittlere Grünlandzahl 44). Von 675 ha AL liegen 70% im Wasserschutzgebiet, also rund 470 ha. Für diese Flächen gelten die Bestimmungen der Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft über Schutzbestimmungen und Ausgleichsleistungen für erhöhte Aufwendungen der Land- und Forstwirtschaft in Wasserschutzgebieten (SächsSchAVO). Für die übrige Ackerfläche, ca. 205 ha, sind die Bestimmungen der Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (DüngeVO) zutreffend. Durch die Teilnahme des LVG am Agrarumweltprogramm „Umweltgerechte Landwirtschaft in Sachsen“ (UL) bestehen für alle Ackerflächen Einsatzzeitbegrenzungen für die Flüssigmistausbringung. Flüssigmist darf nach UL nicht in der Zeit vom 15. Oktober bis zum 15. Februar ausgefahren werden. Die Sperrzeiten für die Flüssigmistausbringung nach SächsSchAVO stimmen mit denen des Agrarumweltprogramms überein. Der Getreideanteil der Ackerfläche beträgt 60%, gefolgt von 10% Silomaisanteil und ca. 10% Ackerfutteranteil. Neben der Stilllegung wird das übrige AL mit Zuckerrüben, Ölfrüchten, Eiweißpflanzen und Nachwachsenden Rohstoffen bestellt. Die überwiegende Grünlandfläche befindet sich im Naturschutzgebiet. Fast ausnahmslos ist hier die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft unzulässig. Im LVG werden Milchkühe, Fleischrinder, Mastschweine, Sauen und Schafe gehalten. Der Betrieb führt Nachzuchten der genannten Tiergruppen. Der aus dem Tierbestand resultierende mittlere jährliche Nährstoffanfall ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

¹ eMail: regina.riedel@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

Tab. 1: Mittlerer jährlicher Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumanfall aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft

Wirtschaftsdünger	mittlerer jährlicher Anfall	N	P	K
tierischer Herkunft	[m³ bzw. t/Jahr]	[kg/Jahr]		
flüssig				
Schweinegülle	2.500	7.250	1.875	5.625
Rindergülle	5.500	20.625	4.950	18.700
Summe (flüssig)	8.000	27.875	6.825	24.325
fest				
Rinderdung	2.000	10.000	4.000	18.000
Schafdung	300	2.100	750	3.600
Summe (fest)	2.300	12.100	4.750	21.600
Summe (flüssig + fest)		39.975	11.575	45.925

Nach § 3 (7) DüngeVO dürfen im Betriebsdurchschnitt Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft nur ausgebracht werden, wenn die mit diesen ausgebrachte Gesamtstickstoffmenge pro Hektar und Jahr auf Grünland 210 Kilogramm und auf Ackerland 170 Kilogramm nicht überschreitet. Unter Berücksichtigung der Stilllegungsfläche, der Stickstofflagerverluste und des Stickstoffs aus Weideexkrementen werden in Köllitsch höchstens 40 kg/ha Gesamtstickstoff im Mittel des gesamten Betriebes jährlich erreicht. Die Betriebsleitung ist sich Tatsache bewusst, dass sich abzüglich der Flächen in Natur- oder Wasserschutzgebieten die Verhältnisse völlig anders darstellen. Nimmt man nur die unter Naturschutz stehende Grünlandfläche aus der Betrachtung, dann werden bereits ca. 60 kg/ha Gesamtstickstoff im Mittel des Betriebes jährlich erreicht. Würde sich die gesamte Wirtschaftsdüngerausbringung auf das Ackerland ohne Bewirtschaftungsauflagen (205 ha) konzentrieren, dann werden 170 kg N/ha überschritten.

Der mittlere jährliche Wirtschaftsdüngeranfall von 8.000 m³ Rinder- und Schweinegülle sowie 2.300 t Rinder- und Schafdung deckt nicht in jedem Wirtschaftsjahr vollständig den im Pflanzenbau entzogenen Phosphor und Kalium ab. Die Phosphor- und Kaliummenge aus der Tierproduktion liegt im aktuellen Wirtschaftsjahr etwas unter dem Bedarf der Pflanzenproduktion (siehe Tabelle 2). Den Ergebnissen der Tabelle 2 ist aber unterstellt, dass die Getreide- und Futtererträge den durchschnittlichen Ertragserwartungen entsprechen. Jahre mit unvorhersehbar geringen Anbauerfolgen führen, speziell beim Phosphor und Kalium, zu Nährstoffüberhängen. Die Nährstofflieferung der Tierproduktion kann als relativ konstante Größe angesehen werden. Im Jahr 2002 wurden Teile der Zuckerrübenfläche überflutet. Dieser Ertragsausfall macht sich als Nährstoffüberhang in der Feld-Stall-Bilanz bemerkbar. Der Stickstoffbedarf der Pflanzenproduktion wird nicht mit den betriebseigenen Wirtschaftsdüngern abgedeckt. Neben den Stickstofflagerverlusten ist das Stickstoffaufnahmevermögen der angebauten Fruchtarten im Monat der Wirtschaftsdüngerausbringung in Rechnung zu stellen. Der Zukauf mineralischer Stickstoffdünger ist deshalb im LVG üblich.

Tab. 2: Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumnährstoffentzug wichtiger Feldfrüchte im Ackerbau

Fruchtart	akt. Anbau [ha]	mittleres Ertrags- niveau [dt/ha]	Nährstoffentzug		
			N	P [kg]	K
Silomais	80,0	450	13.680	2.520	13.320
Zuckerrüben	30,0	450	6.210	1.080	8.370
Winterraps	60,0	30	5.940	1.422	1.494
Winterweizen	170,0	55	21.505	4.488	15.521
Wintergerste	100,0	60	5.100	1.050	1.500
Triticale	7,5	45	608	118	169
Sommergerste	6,5	50	455	114	163
Hafer	34,5	45	3.105	745	2.965
Sonnenblume	4,5	25	315	79	224
Ackerbohne	3,0	35	431	6	122
Erbsen	20,0	40	2.880	384	928
Lupine	2,0	25	175	33	82
Feldgras	70,0	400	10.640	1.960	10.360
Luzerne	55,0	350	11.550	1.155	10.395
Summe			82.593	15.153	65.612

Die Feld-Stall-Bilanz gibt dem Management einen groben Überblick zur Nährstoffsituation des Betriebes, widerspiegelt aber unzureichend die betriebsinterne Problematik. Durch den relativ hohen Flächenanteil mit erweiterten Anwendungsbeschränkungen für Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft konzentrierte sich in der Vergangenheit die Wirtschaftsdüngerausbringung auf der konventionell bewirtschafteten Ackerfläche. Folglich stiegen hier Bodenphosphor- und Kaliumgehalte über den pflanzenbaulich optimalen Bedarf (Gehaltsklasse C) an. Im LVG betrifft dies ca. 200 Hektar Ackerland. In der Mehrzahl der Fälle sind es Flächen die bevorzugt dem Hackfrucht-, Futter-, Raps- und Weizenanbau dienen. Würden diese Flächen weiterhin bevorzugt Wirtschaftdünger erhalten, könnte der Phosphor- und Kaliumbodenpool über höhere Erträge reduziert werden. Dieses Vorhaben stößt auf natürliche Grenzen, durch die jährlich verfügbare Wassermenge aus Niederschlägen. Die effektive Anwendung der Nährstoffe aus den Wirtschaftsdünger konnte präziser mit schlagbezogenen Aufzeichnungen und schlagbezogenen Nährstoffbilanzierungen aufgeklärt werden. Da aus pflanzenbaulicher Sicht keine Notwendigkeit einer organischen Phosphor- und Kaliumdüngung bestand, entschied sich die Betriebsleitung des LVG im Jahr 2001 einen Teil betriebseigener Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft zu verkaufen.

Fazit

Auf Grundlage der Feld-Stall-Bilanz erhalten Landwirtschaftsbetriebe einen Überblick zur Phosphor- und Kaliumversorgung des Unternehmens. Die Ergebnisse der Feld-Stall-Bilanz sind aber nicht als Entscheidungsgrundlage für den Nährstoffzukauf geeignet. Eine exaktere Entscheidungshilfe sind schlagbezogene Aufzeichnungen (speziell die Ergebnisse der Bodenuntersuchung) und schlagbezogene Nährstoffbilanzierungen. Im Ergebnis dieser Auswertungen verkaufte das LVG im Jahr 2001 Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft.

Entwicklung der Erträge, der Nährstoffbilanz

Erhard Albert¹

- Für die Landwirtschaft in Sachsen sind drei Anbaubereiche bedeutungsvoll. Im Norden herrschen diluviale, trockene Sandböden (16,7 % der LN) vor. Nach Süden hin folgt das Lößgebiet (49,8 % der LN) mit fruchtbaren Böden. Die Mittelgebirge und deren Vorland werden durch Verwitterungsstandorte (31,8 % der LN) mit relativ hohen Niederschlägen geprägt.
- In den letzten Jahrzehnten und insbesondere nach 1990 vollzogen sich in Sachsen beträchtliche Veränderungen im Anbauumfang wichtiger Fruchtarten. Die Haupttrends sind:
 - kontinuierlicher Anstieg des Weizenanbaus zu Lasten der anderen Getreidearten
 - sprunghafte Zunahme des Rapsanbaus nach 1990 und
 - Rückgang des Anbauumfanges von Zuckerrüben, Feldfutter und besonders von Kartoffeln
- Parallel dazu sind vor allem nach 1990 die Erträge beträchtlich angestiegen. Als Beispiel hierfür wird die Ertragsentwicklung der Fruchtarten Winterweizen, Winterraps und Zuckerrüben dargestellt (Abb. 1).

Die jährlichen Wachstumsraten für diesen Zeitraum sind folgende:

Winterweizen: 1,2 dt/ha, Winterroggen: 1,6 dt/ha, Wintergerste: 0,4 dt/ha,

Winterraps: 0,5 dt/ha, Zuckerrüben: 15,0 dt/ha und Kartoffeln: 14,6 dt/ha.

Besseres Beherrschen der Anbautechnik, neue ertragreiche Sorten, wirksamer Pflanzenschutz und nicht zuletzt Fortschritte bei der N-Düngung haben wesentlich zu diesem Ertragsanstieg beigetragen.

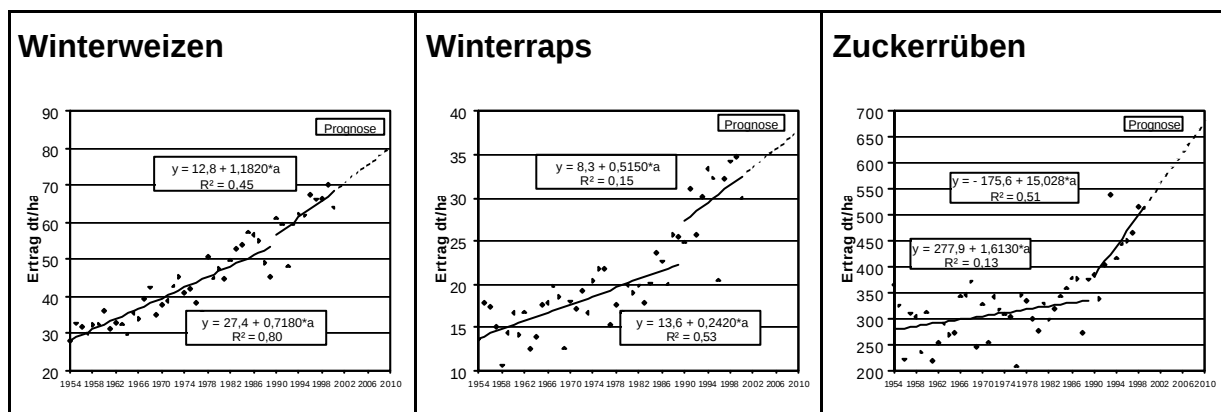


Abb. 1: Entwicklung der Erträge im Freistaat Sachsen von 1954 - 2000 sowie Ertragsprognose bis 2010

¹ eMail: regina.riedel@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

- Gleichzeitig konnte - wie langjährige Untersuchungen auf der Basis von N-Steigerungsversuchen unter Praxisbedingungen zeigen - die N-Effizienz in den letzten drei Jahrzehnten deutlich verbessert werden (Abb.2). So stiegen bei Winterweizen die Kornerträge bzw. die Kornmehrerträge pro Einheit verabreichten Stickstoffs beträchtlich an.

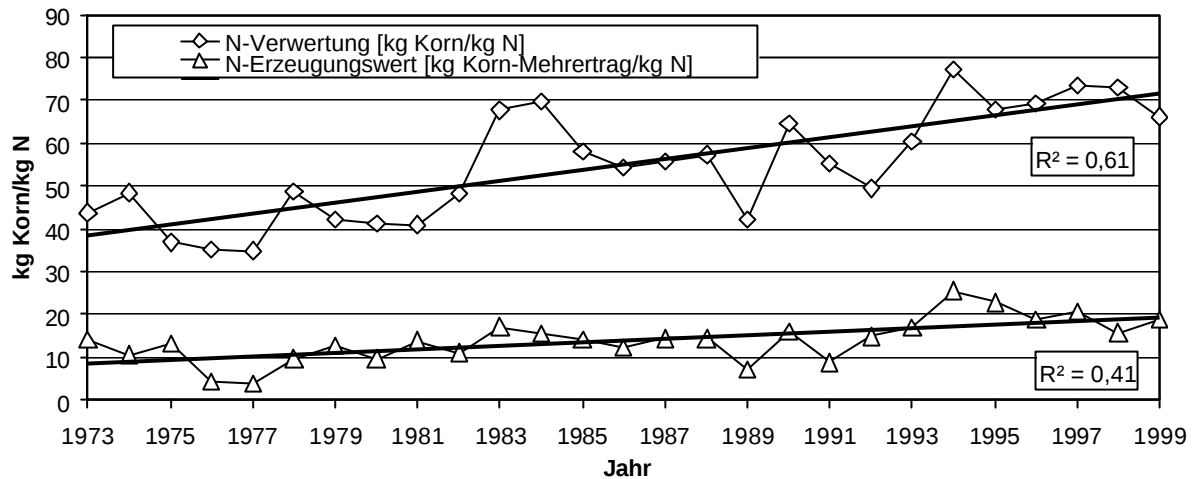


Abb. 2: Entwicklung der N-Effizienz bei Winterweizen (Versuche unter Praxisbedingungen, n = 17)

- Die tiefgreifenden Veränderungen in der ostdeutschen Landwirtschaft nach 1990 wie der drastische Abbau der Tierbestände, die Einsparungen bei der Grunddüngung, der verstärkte Anbau von Marktfrüchten und der allgemeine Ertragsanstieg haben die Nährstoffbilanzen erheblich beeinflusst. So herrschen gegenwärtig auf Landesebene in Sachsen nur noch schwach positive Stickstoff- und negative Phosphor- und Kaliumbilanzsalden vor (Abb. 3).

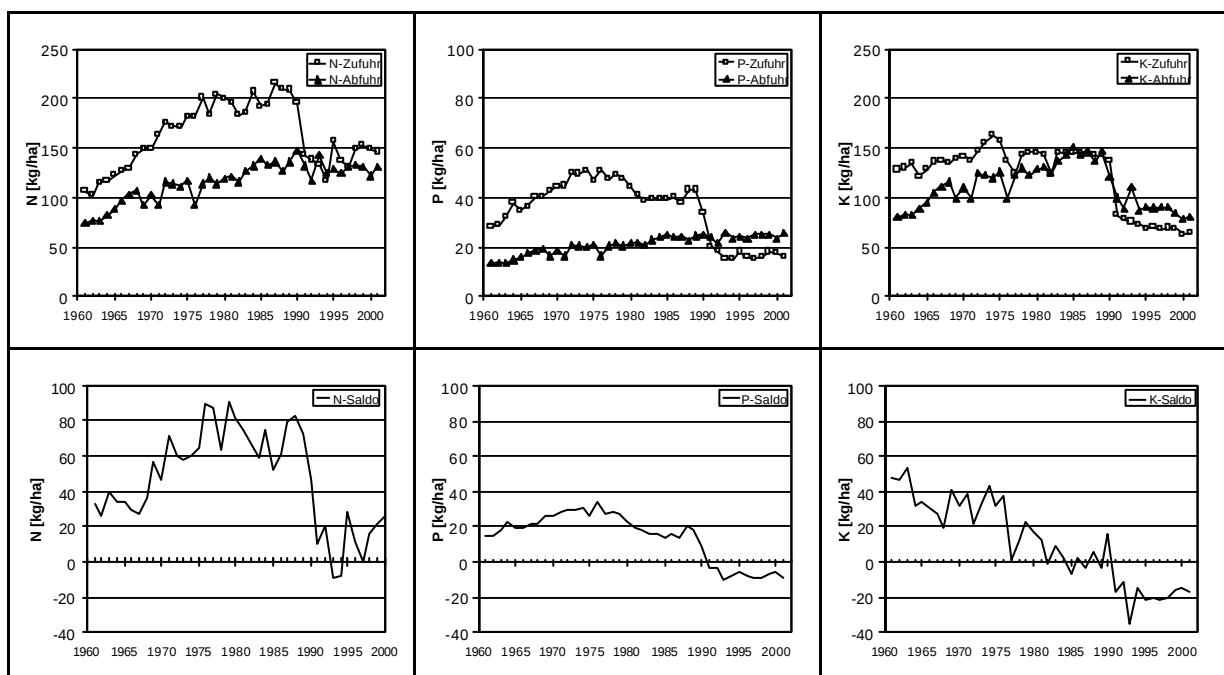


Abb. 3: Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumbilanz für Sachsen (entsprechend der Düngeverordnung)

Die in den letzten Jahren deutlich verminderten N-Bilanzüberschüsse haben die $N_{\min}$ -Herbstgehalte von Dauertestflächen in der Tendenz absinken lassen. Diese Entwicklung ist im Hinblick auf den Gewässerschutz positiv zu werten (Abb. 4).

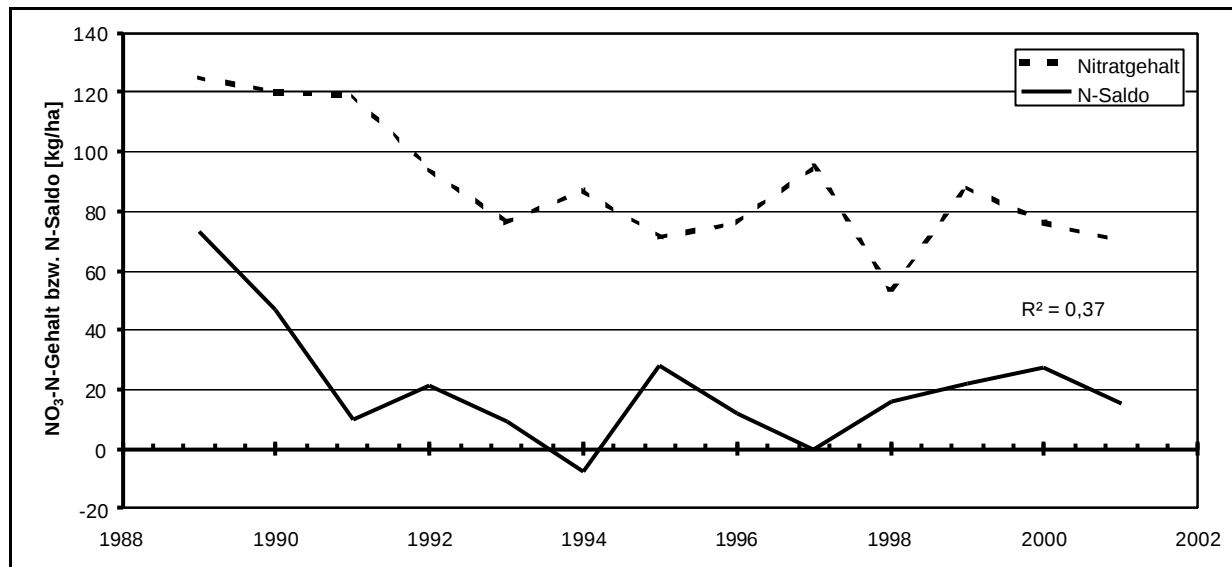


Abb. 4: N-Bilanzsalden und Nitrat-Gehalte im Herbst von Dauertestflächen in Sachsen (Datenbasis Dauertestflächen: Kurzer und Suntheim)

- Bilanzergebnisse von 85 Betrieben über einen Zeitraum von 6 Jahren bringen jedoch zum Ausdruck, dass die Nährstoffsalden auf Betriebsebene in einem weiten Bereich schwanken können (Abb. 5). Sie werden dabei entscheidend von dem jeweiligen Tierbesatz bestimmt. Negative Salden für N, P und K dominieren in viehlosen bzw. in Betrieben mit geringem Nährstoffanfall aus der Tierhaltung. Für viehstärkere Betriebe sind Positivsalden typisch.

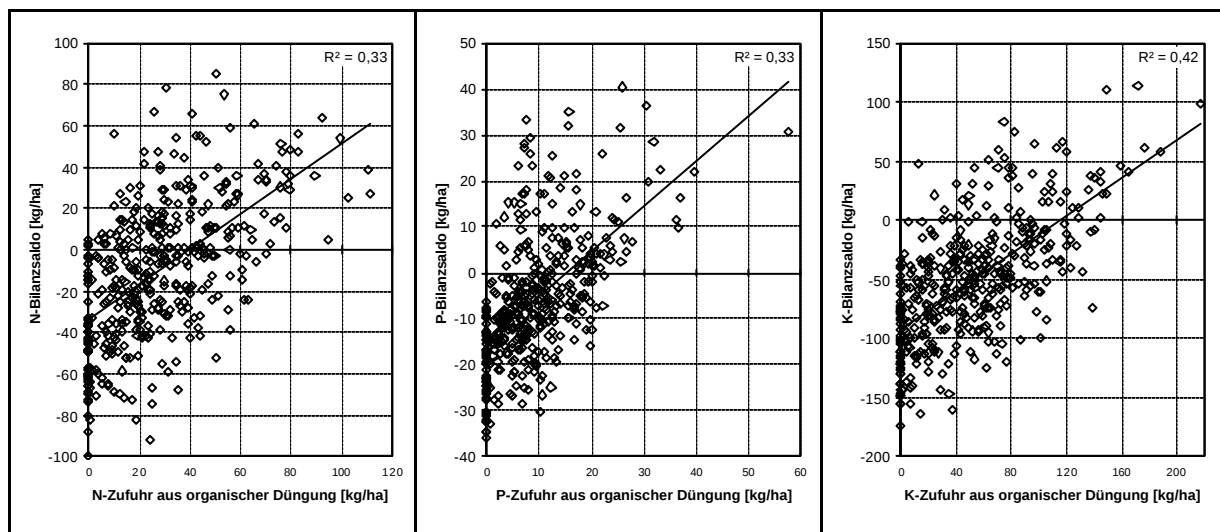


Abb. 5: Beziehung zwischen der Nährstoffzufuhr aus der organischen Düngung und den NPK-Bilanzsalden der Jahre 1995 - 2000 in 85 Betrieben

- Die Saldenentwicklung der letzten Jahre führte zu einer Verschlechterung des Nährstoffversorgungszustandes der Böden in Sachsen (Abb. 6 und 7). Dabei ist die Zunahme der nicht optimal mit Phosphor versorgten Flächen besonders ausgeprägt. Das trifft vor allem für Betriebe ohne bzw. mit nur geringem Tierbesatz zu. Für viehstarke Betriebe hingegen sind eher hohe und sehr hohe Bodengehalte charakteristisch.

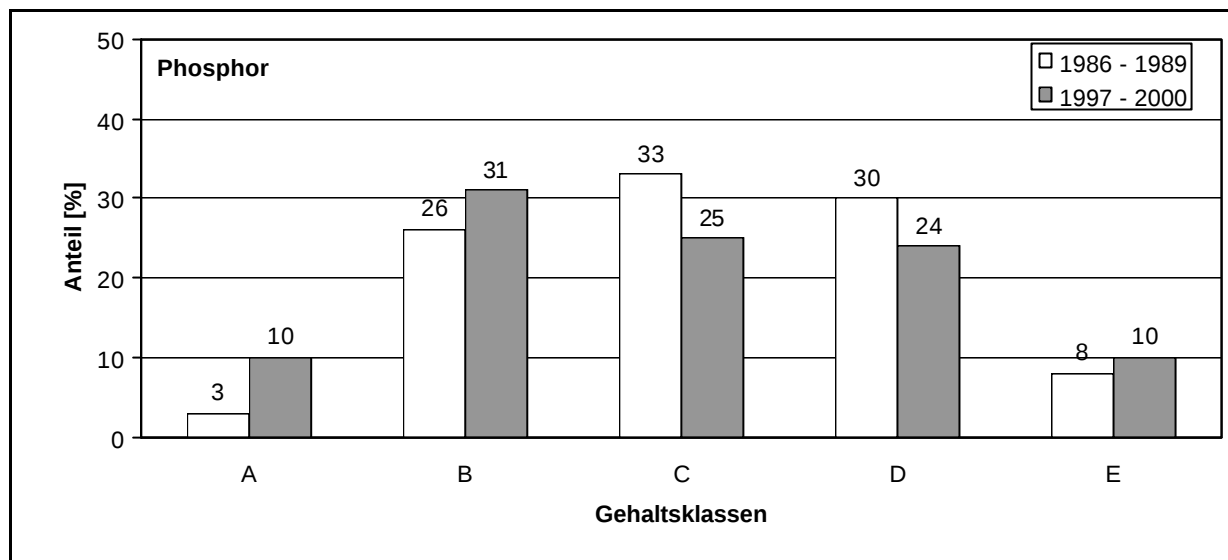


Abb. 6: Entwicklung der Phosphorversorgung in Sachsen

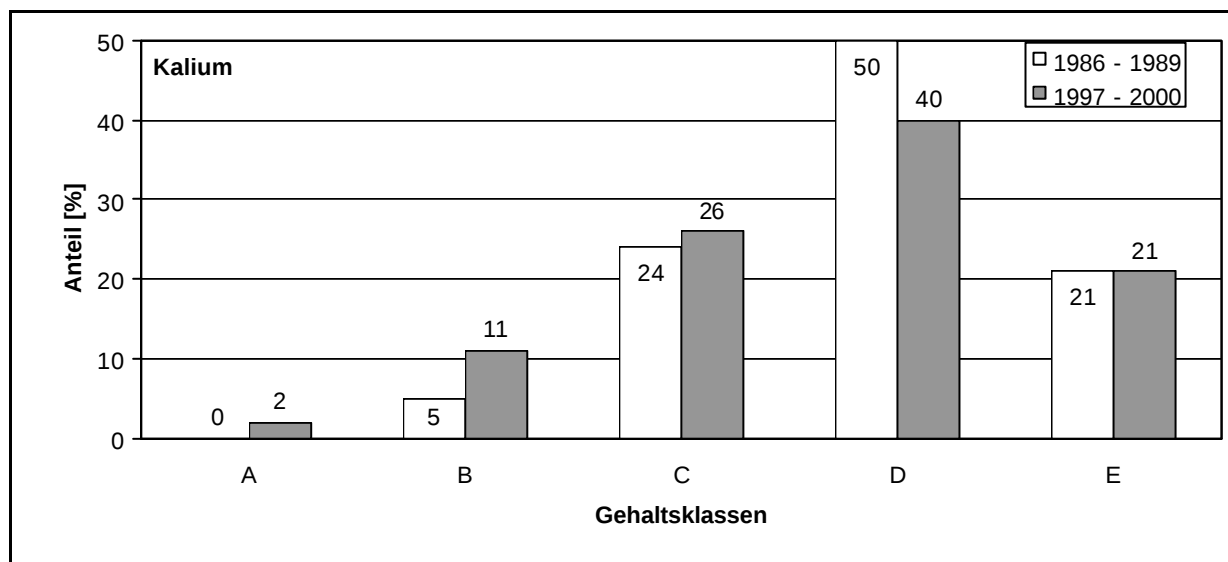


Abb. 7: Entwicklung der Kaliumversorgung in Sachsen

Schlussfolgerungen

- Um die Fruchtbarkeit der Böden bei steigenden Erträgen nachhaltig zu gewährleisten, ist eine gezielte Düngung, die sich an den Nährstoffabfuhr unter Beachtung der aktuellen Bodenversorgung orientiert, unerlässlich.
- Die Nährstoffzufuhr mit organischen Düngern ist bei der Mineraldüngung adäquat anzurechnen, um ertragsunwirksame und potenzielle umweltbelastende Bilanzüberschüsse zu verhindern.
- Längerfristige Bilanzdefizite sind zu vermeiden, da sie zu einem Verlust an Bodenfruchtbarkeit und Ertragsleistung führen.

Abschätzung der Änderung des Stickstoffbodenvorrats und Präzisierung des Stickstoffsaldos durch Humusbilanzierung am Beispiel des Dauerfeldversuchs M4 (Groß Kreutz)

Prystav, Werner (Potsdam)¹; Zimmer, Jörg (Güterfelde)

Stickstoffsalden werden vielfach als Maß für umweltgefährdende N-Emissionen der Landwirtschaft herangezogen. Am Beispiel des Dauerfeldversuchs M4 wird geprüft, inwiefern bei der N-Bilanzierung Änderungen der N-Bodenvorräte berücksichtigt werden sollten und ob diese durch Humusbilanzierung mit dem Modell REPRO abgeschätzt werden können.

Am Versuchsstandort Groß Kreutz (Brandenburg, Deutschland) wird mit dem Dauerfeldversuch M4 seit dem Jahr 1967 in 25 Versuchsvarianten die Wirkung steigender Stickstoffgaben (0, 50, 100, 150, 200 kg N/ha und Jahr) jeweils in organisch gebundener (Stalldung) und mineralischer Form in einer Hackfrucht-Halmfrucht-Fruchtfolge untersucht. Die vorliegenden Standortbedingungen sind typisch für Teile des Landes Brandenburg (Tieflehm-Fahlerde, IS 3D 40/42, 537 mm, 8,9°C). Die Bewirtschaftung erfolgt ortsüblich, die Bodenbearbeitung wendend mit Pflug.

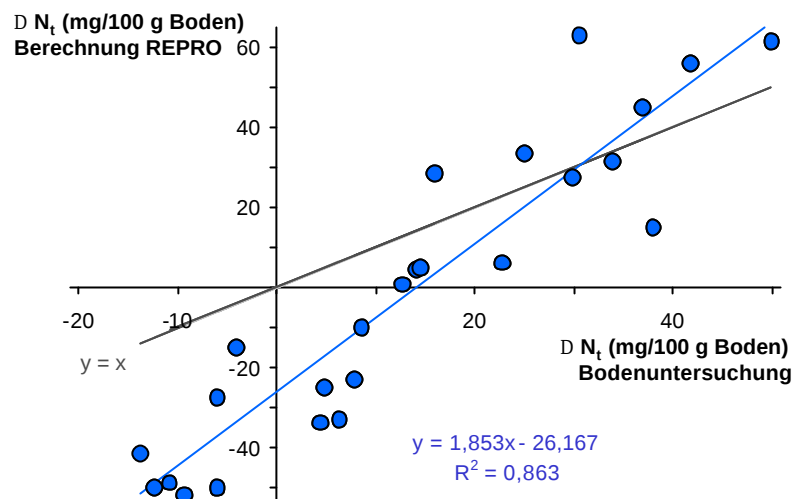
Stickstoffbilanz ausgewählter Düngungsvarianten mit und ohne Berücksichtigung der Änderung des Bodenvorrats 1967-1998 [kg N ha⁻¹ a⁻¹] (* 0-30 cm, 1,59 g/cm³ TRD)

Variante	N-Zufuhr			N-Abfuhr		Saldo	Änderung Bodenvorrat*	Saldo minus Änderung Bodenvorrat
	Stalldung	KAS	gesamt	Hauptprodukt	gesamt			
2.3	49	100	150	96	129	21	- 6	27
3.2	98	51	149	87	118	31	+ 9	22
1.5	0	201	201	100	141	60	- 11	70
2.4	49	151	200	104	146	54	+ 5	49
3.3	98	100	199	100	134	65	+ 13	52
4.2	148	51	199	94	128	70	+ 38	32
2.5	49	201	250	105	153	97	+ 8	89
3.4	98	151	249	109	151	98	+ 14	84
4.3	148	100	248	107	149	99	+ 30	69

Bei einfacher N-Bilanzierung wird unterstellt, dass sich N-Bodenvorräte nicht ändern. Im Feldversuch M4 führte alleinige mineralische N-Düngung zu einer Verminderung der N-Vorräte in der Ackerkrume, während die N-Bodenvorräte mit zunehmenden Anteilen organischer Düngung anstiegen. Wird die Änderung der N-Bodenvorräte berücksichtigt dann zeigt der Vergleich von Düngungsvarianten mit gleich hohen Gesamtstickstoffgaben, dass bei mineraldüngerbetonten Varianten höhere Stickstoffverluste aus dem Bilanzsystem Pflanze-Boden auftraten als bei Varianten mit höherem Anteil organischer Düngung.

¹ eMail: wprystav@atb-potsdam.de

Der größte Teil des Boden-N ist an die organische Bodensubstanz gebunden. Bei dem Modell REPRO wird mittels Humusbilanzierung auf die Änderung der N-Bodenvorräte geschlossen (Hüls-bergen u. Diepenbrock 1996). Bei den meisten Düngungsvarianten des Versuchs M4 wird nach REPRO ein geringerer N-Gehalt für das Jahr 1998 kalkuliert, als durch Bodenuntersuchungen festgestellt wurde.



Änderung der N-Gehalte im Boden nach Bilanzmodell REPRO in Abhängigkeit von der durch Bodenuntersuchungen 1967 und 1998 festgestellten Differenz

Bei staldungbetonter Düngung wurde im Dauerfeldversuch M4 innerhalb von 32 Versuchsjahren Stickstoff in einem Umfang in der organischen Bodensubstanz akkumuliert, dass diese Düngungsvarianten hinsichtlich der Höhe der N-Verluste günstiger zu bewerten sind als mineraldüngerbetonte Varianten. Zur Abschätzung der Änderung im N-Bodenvorrat an vergleichbaren Standorten wird eine Anpassung des Modells REPRO empfohlen.

N-Bilanzen im Gemüsebau

J. Rühlmann¹ und B. Geyer²

Einführung

Stickstoffbilanzen sind ein geeignetes Mittel, um N-Verluste aus dem System Boden-Pflanze zu quantifizieren. Häufig werden N-Bilanzen ohne Berücksichtigung der Netto-N-Mineralisierung aus organischer Substanz im Boden berechnet und/oder nur auf die Kulturperiode bezogen. Deshalb war es unser Ansatz zu zeigen, welche Anteile des Stickstoffangebotes (incl. der Netto-N-Mineralisierung) im System Boden-Pflanze wiedergefunden werden - und zwar sowohl zum Ende der Kulturperiode als auch im Ergebnis von Langzeituntersuchungen in Dauerversuchen.

Material und Methoden

Grundlage unserer Untersuchungen waren zwei Dauerversuche mit gemüsebaulicher Bodennutzung am Standort Großbeeren, südlich von Berlin (Richter, 1999). Das erste Experiment wurde 1972 in der Großbeerener Kastenparzellenanlage auf Sand, Auenlehm und Lößlehm angelegt. Prüffaktoren waren die N-Düngung (3 Stufen) und die organische Düngung (4 Arten). Dieser Versuch wurde genutzt, um N-Bilanzen im mehrjährigen Mittel zu berechnen. Der zweite Versuch wurde 1986 aus Sandboden angelegt, um den Einfluss von 4 Stufen der mineralischen N-Düngung und 3 Stufen der Stallmistdüngung auf den Anteil des aus organischer Substanz im Boden mineralisierten N am N-Entzug der Pflanze zu quantifizieren. Dieser Versuch lieferte die Ergebnisse zu den auf die Kulturperioden bezogenen N-Bilanzen.

Die auf den Kulturzeitraum und auf das mehrjährige Mittel bezogenen N-Bilanzen wurden auf unterschiedlichem Weg berechnet. Das N-Angebot der auf den Kulturzeitraum bezogenen N-Bilanzen wurde definiert als Summe aus dem $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens (0-60 cm) zum Kulturbeginn, der applizierten Mineraldünger-N-Menge, der atmosphärischen N-Deposition und der Netto-N-Mineralisierung aus organischer Substanz im Boden. Die Netto-N-Mineralisierung wurde mittels des Modells CANDY (Franko und Rühlmann, 1991; Rühlmann, 1996) berechnet. Dem N-Angebot wurden die N-Wiederfindung gegenübergestellt, die als Summe aus N-Entzug durch die Pflanze und $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens (0-60 cm) zum Kulturende definiert wurde.

Für die auf das mehrjährige Mittel bezogenen N-Bilanzen wurde festgelegt:

N-Input = Summe aller über mineralische und organische Dünger und atmosphärische Deposition dem Boden zugeführten N-Mengen.

N-Wiederfindung = Summe aus N-Entzug der Pflanze und Änderung des Gesamt-N-Vorrates des Bodens.

¹ Dr. Jörg Rühlmann, Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e. V., Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14979

Großbeeren; ruehlmann@igzev.de

² Prof. Bernd Geyer, Institut für Gärtnerischen Pflanzenbau, Humboldt-Universität zu Berlin, Lentzeallee 75, 14195 Berlin;

bernd.geyer@agrar.HU-Berlin.de

Ergebnisse

N-Bilanzen - bezogen auf den Kulturzeitraum:

Die Relation zwischen N-Angebot und N-Entzug durch die Pflanze zeigte in Abhängigkeit von der Pflanzenart Unterschiede. Die untersuchten Gemüsearten konnten in zwei Gruppen unterteilt werden (Abb. 1). Die eine Gruppe, zu der Möhre, Weisskohl und Zucchini gehören, nahm etwa 70% des innerhalb der Kulturzeit zur Verfügung stehenden N-Angebotes auf. Dieser Anteil war für die andere Gruppe (Sellerie, Einlegegurke, Kohlrabi, Porree, Spinat) um ca. 20% niedriger. Die N-Wiederfindung hingegen betrug für beide Gruppen etwa 80% (Abb. 2).

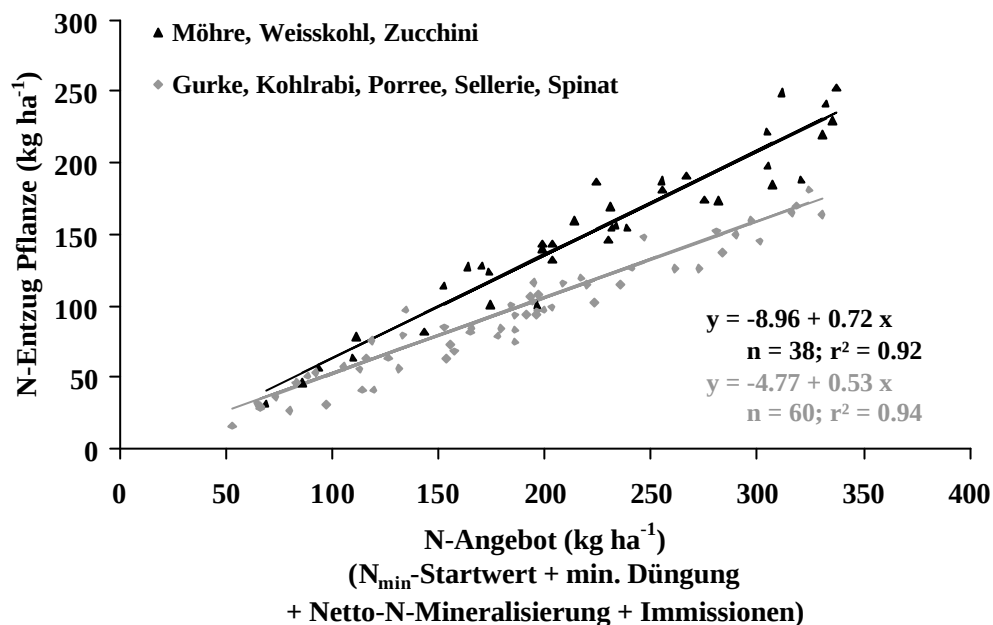


Abb. 1: N-Entzug durch unterschiedliche Gemüsearten in Abhängigkeit vom N-Angebot

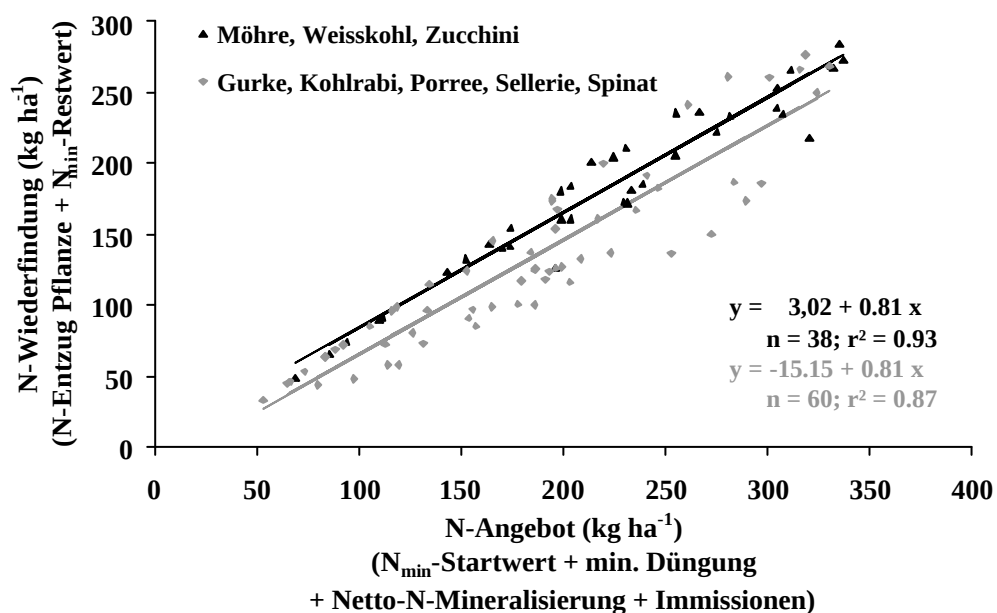


Abb. 2: N-Wiederfindung zum Kulturende in Abhängigkeit vom N-Angebot

N-Bilanzen im mehrjährigen Mittel:

Unter Einbeziehung aller Prüfglieder wurde im Rahmen der Langzeituntersuchungen eine mittlere Wiederfindung (Verbleib im System) des in das System hineingegebenen Stickstoffs von etwa 50% ermittelt (Abb. 3). Unterschiede konnten in Abhängigkeit von der Art des dem System zugeführten Stickstoffs ermittelt werden. Während in ausschliesslich mineralisch gedüngten Prüfgliedern eine überdurchschnittliche N-Wiederfindung festgestellt wurde, war diese für ausschliesslich organisch gedüngte Prüfglieder unterdurchschnittlich. Prüfglieder mit kombinierter Düngung nahmen eine Zwischenstellung ein.

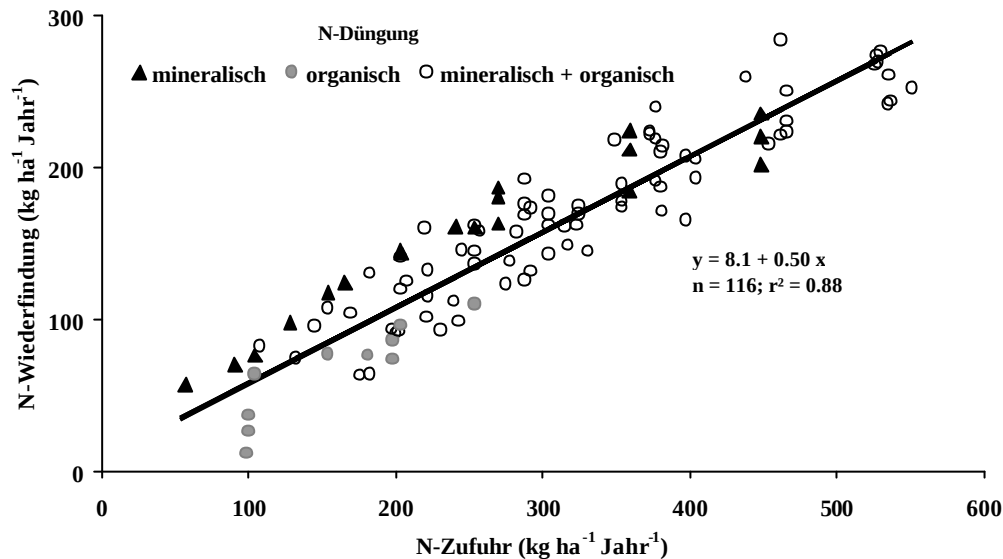


Abb. 3: N-Wiederfindung im System Boden-Pflanze (mehrfähriges Mittel) in Abhängigkeit von Höhe und Art der N-Zufuhr

Diskussion

Die in Abb. 1 dargestellten Ergebnisse zeigen Unterschiede in der N-Aufnahmeeffizienz der in die Untersuchungen einbezogenen Gemüsearten. Dies kann ein Ergebnis von Unterschieden in der Länge der Kulturdauer und in der Durchwurzelungstiefe sein. Die Gemüsearten der ersten Gruppe (Möhre, Weisskohl, Zucchini) zeichnen sich durch lange Kulturzeit und tiefe Durchwurzelung des Bodens aus, was ihnen ermöglicht, die Hauptmenge an Wasser und Nährstoffen aus einer Tiefe bis zu 60-90cm aufzunehmen. Im Gegensatz dazu ist die Kulturdauer von Einlegegurke, Kohlrabi und Spinat als Vertreter der anderen Gruppe wesentlich kürzer bei gleichzeitig geringerer Durchwurzelungstiefe. Allerdings sind mit Porree und Sellerie in dieser zweiten Gruppe aber auch 2 Gemüsearten vertreten, die sich weder in der Kulturdauer noch in der Durchwurzelungstiefe von denen in der ersten Gruppe unterscheiden. Dies deutet darauf hin, dass neben Kulturdauer und Durchwurzelungstiefe andere Einflüsse wie z.B. die wirksame Wurzeloberfläche auf die N-Aufnahmeeffizienz der Pflanzen wirken.

Die Unterschiede in der N-Aufnahme zwischen den beiden Gruppen (Abb. 1) und die Übereinstimmung in der N-Wiederfindung (Abb. 2) resultierten in unterschiedlichen $N_{\min}$ -Gehalten des Bodens zum Kulturende (Ergebnisse nicht gezeigt). Da die mittlere N-Wiederfindung in bezug auf die Kulturperiode ca. 80 % betrug, kann für diesen Zeitraum von mittleren N-Verlusten von ca. 20 % des N-Angebotes ausgegangen werden.

Im Gegensatz dazu betrug die N-Wiederfindung im System Pflanze-Boden im langjährigen Mittel nur ca. 50 % im Durchschnitt aller Prüfglieder (Abb.3). Dies lässt schlussfolgern, dass die mittleren jährlichen N-Verluste ebenfalls bei 50 % der N-Zufuhr lagen. Die überdurchschnittliche N-Wiederfindung in den mineralisch gedüngten Prüfgliedern wird als Ergebnis der guten Synchronisation zwischen N-Angebot im Boden und N-Bedarf durch die Pflanze interpretiert. Demgegenüber führte ausschliesslich organische Düngung zur Erhöhung der Humusgehalte im Boden und damit verbunden zu einer erhöhten N-Mineralisierung - auch und insbesondere ausserhalb der Kulturperiode. Deshalb wird die unterdurchschnittliche N-Wiederfindung in den organisch gedüngten Prüfgliedern als schlechtere Übereinstimmung zwischen N-Angebot und N-Bedarf interpretiert.

Literatur

Franko U und Rühlmann J 1991 Gartenbauwiss. 56, 174-179.

Richter K 1999 *In* Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät. Humboldt-Univ., 228 S. Berlin.

Rühlmann J 1996 Acta Horticulturae 428, 95-104.

Auswirkungen langjährig reduzierter Bodenbearbeitung auf die N-Bilanz in einer Zuckerrüben-Weizen-Gerste-Fruchtfolge

König, Hans-Peter (Göttingen)¹; Stockfisch, Nicol; Koch, Heinz-Josef

Einleitung

Langjährig reduzierte Bodenbearbeitung wirkt sich auf verschiedenste Weise auf den Boden, d.h. die Bodenstruktur und den Umsatz organischer Substanz, aus. Dadurch wird auch die Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen beeinflusst (Baeumer u. Köpke, 1989; Ehlers, 1989). In Harste (Landkreis Göttingen) wird seit 1992 in einem Versuch mit reduzierter Bodenbearbeitung und fruchtartspezifischen N-Düngungsstufen die Wirkung reduzierter Bodenbearbeitung auf das Wachstum der Feldfrüchte in einer Zuckerrüben-Winterweizen-Wintergerste-Zwischenfrucht (Senf) Fruchtfolge getestet. Anhand der N-Aufnahme und einer einfachen N-Bilanz soll die Wirkung unterschiedlicher Bodenbearbeitungsintensitäten auf die Einzelfrüchte sowie in der gesamten Fruchtfolge dargestellt werden.

Standort und Versuchsanlage

Der Versuchstandort liegt ca. 8 km nördlich von Göttingen und befindet sich in einer Höhe von 150 m ü. N.N.. Die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur beträgt 8,8 °C und der mittlere Jahresniederschlag 602 mm. Bei dem Boden handelt es sich um eine lössbürtige pseudovergleyte Parabraunerde mit der Bodenzahl 78 und der Ackerzahl 80. Die Versuchsfläche wurde in drei Teilstücke untergliedert, um alle Kulturen der Fruchtfolge jährlich anbauen zu können. Die Versuche wurden als Spaltanlage in vierfacher Wiederholung auf den Teilschlägen angelegt. Zur Stoppelbearbeitung wird in allen Varianten eine Spatenrollegge eingesetzt. Die Variante Pflug wird zu jeder Hauptfrucht gepflügt und in der Variante Mulch nur eine flache Bodenbearbeitung bis max. 10 cm durchgeführt. Die Saatbettbereitung zu Zuckerrüben erfolgt mit der Gareegge. Neben der Bodenbearbeitung wird die N-Düngung in vier fruchtartspezifischen Düngungsstufen auf ortsfesten Parzellen variiert (vgl. Tab. 1). Die Koppelprodukte der Früchte (Stroh, Rübenblatt) verbleiben im Feld.

Tab. 1: Fruchtartspezifische Düngungsstufen der Fruchtfolge Zuckerrüben, Winterweizen, Wintergerste, Zwischenfrucht (Senf)

Düngungs- stufe	Winterweizen kg N ha ⁻¹	Wintergerste kg N ha ⁻¹	Senf kg N ha ⁻¹	Zuckerrüben kg N ha ⁻¹	Summe Fruchtfolge kg N ha ⁻¹
N0	0	0	50	0	50
N1	110	80	50	50	290
N2	160	120	50	110	450
N3	210	180	50	170	610

Aus der Differenz zwischen der N-Düngung und dem N-Entzug mit dem Erntegut wurde eine einfache N-Bilanz für die einzelnen Früchte und für die gesamte Fruchtfolge (Rotation) berechnet. Die Bilanz einer Rotation setzt sich aus der Summe der Einzelfrüchte der Fruchtfolge zusammen. Ein- und Austräge aus bzw. in die Atmosphäre sowie symbiotische Fixierung oder Austräge mit dem Sickerwasser blieben bei dieser Berechnung unberücksichtigt.

¹ eMail: koenig@ifz-goettingen.de

Ergebnisse

Die einzelnen angebauten Früchte unterschieden sich in der N-Aufnahme (Abb. 1). Die durchschnittliche N-Aufnahme in den N0 Varianten betrug bei Wintergerste ca. 67 kg N ha⁻¹, bei Winterweizen ca. 96 kg N ha⁻¹ und bei Zuckerrüben ca. 116 kg N ha⁻¹. Vermutlich wurde die N-Aufnahme auch durch die Vorfrucht beeinflusst. Im Vergleich zur Wintergerste profitierten die Zuckerrüben, vor allem in der N0 Variante, von der Nährstoffnachlieferung aus den Resten der Zwischenfrucht. Der Winterweizen wiederum profitierte gegenüber der Wintergerste von den verhältnismäßig großen N-Mengen im Rübenblatt. Mit zunehmender Stickstoffdüngung stieg auch die N-Aufnahme der Feldfrüchte an. Signifikante Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten traten nur bei Zuckerrüben auf (Abb. 1). Die im Vergleich zu Pflug verminderte N-Aufnahme in Mulch lässt sich auf eine verringerte Trockenmassebildung zurück führen und nicht auf unterschiedliche N-Gehalte in Rübe oder Blatt. Die Trockenmasseerträge des Getreides (Korn u. Stroh) wurden durch die Bodenbearbeitung nicht beeinflusst.

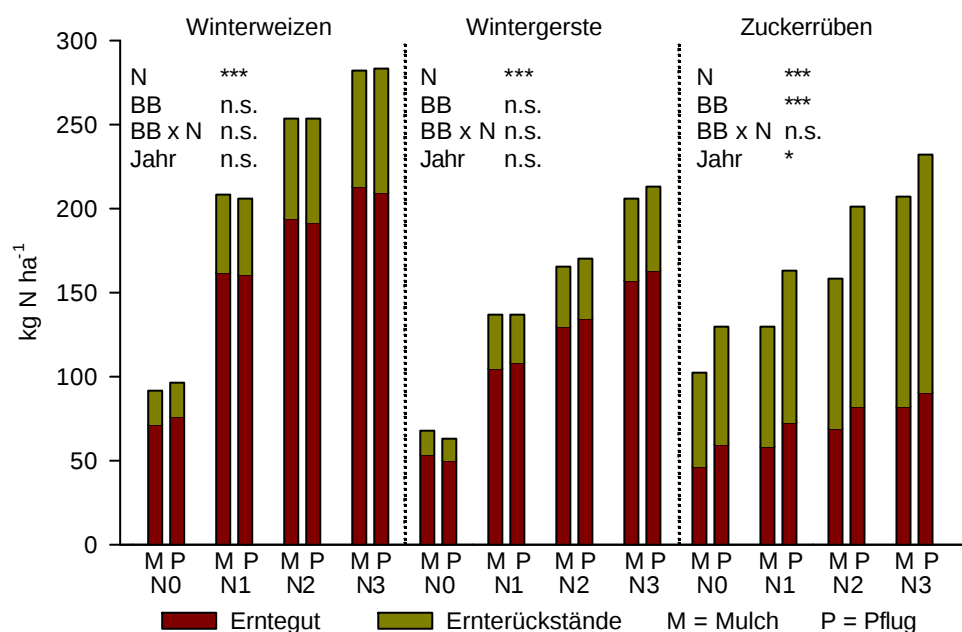


Abb. 1: Stickstoffaufnahme von Winterweizen (1995-2001), Wintergerste (1995-2001) und Zuckerrüben (1993-2001) in Abhängigkeit von N-Düngung (N0 bis N3) und Bodenbearbeitung. N = N-Düngung; BB = Bodenbearbeitung; n.s. = nicht signifikant.

Die vereinfachte N-Bilanz der einzelnen Früchte wurde, wie die N-Aufnahme auch, vor allem durch die Höhe der N-Düngung beeinflusst (Abb. 2). In den N0 Varianten aller Früchte traten negative N-Salden auf. Die N-Salden der Düngungsstufe N3 lagen im Mittel über die Jahre in Winterweizen bei ca. 3 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ und in Wintergerste bei ca. 24 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹. Bei Zuckerrüben traten in Folge der großen N-Mengen im Rübenblatt und dem niedrigen Entzug durch das Erntegut wesentlich höhere Salden auf (N3, Mulch: ca. 88 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹; Pflug: ca. 80 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹). Ein signifikanter Einfluss der Bodenbearbeitung trat nur bei Zuckerrüben in der Form auf, dass die Salden in Mulch weniger negativ bzw. die Überschüsse größer waren als in Pflug, was auf die geringere N-Aufnahme zurückzuführen ist (Abb. 1).

Bei Betrachtung der N-Bilanzen im Verlauf der Rotationen ist der Einfluss der N-Düngung auf die Höhe der N-Salden deutlich zu erkennen (Abb. 3). Die Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten sind auf die Zuckerrübe zurück zu

führen, da bei Getreide keine von der Bodenbearbeitung abhängigen Unterschiede auftraten. In der zweiten und deutlicher in der dritten Rotation war in der Düngungsstufe N3 gegenüber der ersten Rotation ein leichter Rückgang der N-Überschüsse zu beobachten, der aber nicht signifikant war (vgl. Abb. 3).

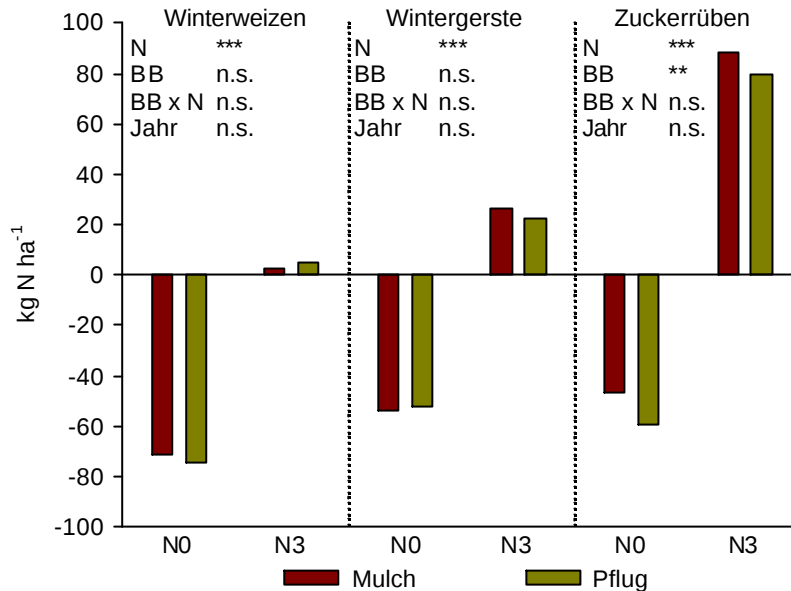


Abb. 2: Stickstoffsalden der Feldfrüchte Wintergerste, Winterweizen und Zuckerrüben in Abhängigkeit von N-Düngung (N0, N3) und Bodenbearbeitung (Mittel über die Jahre 1993-2001). N = N-Düngung; BB = Bodenbearbeitung; n.s. = nicht signifikant.

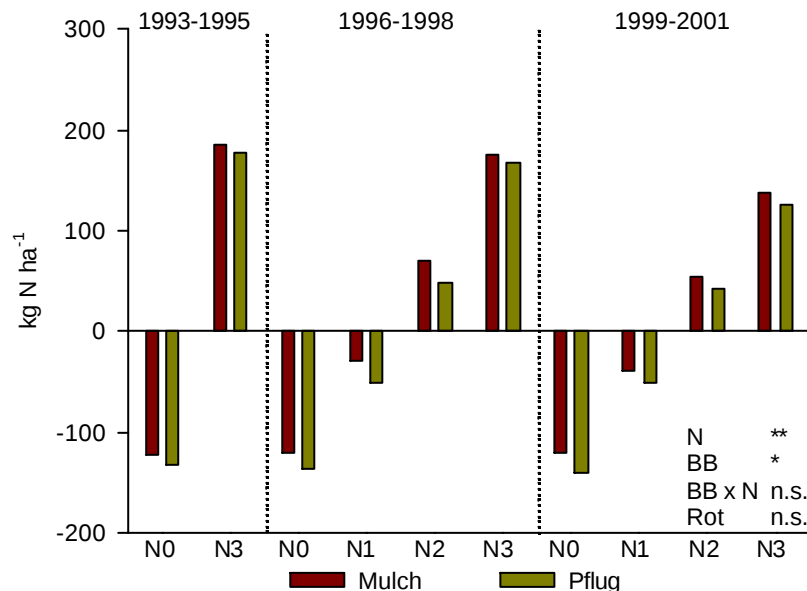


Abb. 3: Stickstoffsalden für die gesamte Fruchtfolge (drei Rotationen) in Abhängigkeit von N-Düngung (N0 bis N3) und Bodenbearbeitung. Ergebnisse der Varianzanalyse beziehen sich auf N0 und N3. N = N-Düngung; BB = Bodenbearbeitung; n.s. = nicht signifikant; Rot = Rotation.

Diskussion

Nach Umstellung auf dauerhaft reduzierte Bodenbearbeitung kann während der Umstellungsphase Stickstoff im Boden immobilisiert werden und damit die Verfügbarkeit des Stickstoffs zumindest vorübergehend für die Feldfrüchte eingeschränkt sein (Baeumer u. Köpke, 1989). Jahresbedingte Unterschiede konnten nur für die N-Aufnahme von Zuckerrüben durch die Varianzanalyse nachgewiesen werden. Da sich allerdings das hierfür maßgebliche Jahr 1997 (5. Versuchsjahr) von den anderen Versuchsjahren unterscheidet, liegen keine Hinweise auf eine eingeschränkte N-Versorgung während der Umstellungsphase auf reduzierte Bodenbearbeitung an diesem Standort vor. Da bei Winterweizen und Wintergerste keine Unterschiede in der N-Bilanz zwischen den Bodenbearbeitungssystemen auftraten, sind die Bilanzunterschiede der gesamten Fruchtfolge ausschließlich auf Zuckerrüben zurückzuführen. Auch in der dritten Rotation traten noch höhere Bilanzüberschüsse in Mulch auf, was kein Effekt der Umstellung auf eine andere Bodenbearbeitung sein kann.

Der höhere Bilanzüberschuss bei reduzierter Bodenbearbeitung war eine Folge der verringerten N-Aufnahme, die auf einer geringeren Trockenmassebildung und nicht auf niedrigeren N-Gehalten in den Pflanzen beruht. Dies deutet zusammen mit den gleichbleibend höheren Bilanzüberschüssen bei reduzierter Bodenbearbeitung darauf hin, dass nicht die N-Versorgung sondern andere Veränderungen im Boden sich auf das Wachstum der Zuckerrüben auswirkten.

Aus den Bilanzen der einzelnen Früchte geht hervor, dass Zuckerrüben, vor allem durch geringe Stickstoffentzüge mit dem Erntegut sowie dem Verbleib erheblicher Stickstoffmengen mit dem Rübenblatt auf dem Feld, einen Großteil der Bilanzüberschüsse der Fruchtfolge verursachten. Vergleicht man die N-Aufnahme der Zuckerrüben mit der Düngung (Düngungsstufe N3) lässt sich vermuten, dass Zuckerrüben große N-Mengen aus dem Bodenvorrat aufnahmen und auch zumindest teilweise den zur Zwischenfrucht applizierten Stickstoff erneut nutzten. Damit hat die Zwischenfrucht zu den Bilanzüberschüssen der Fruchtfolge beigetragen.

Der bei beiden Bodenbearbeitungsvarianten beobachtete Rückgang des N-Überschusses in der Düngungsstufe N3 der zweiten und vor allem der dritten Rotation setzt den bereits von Stockfish et al. (1999) beschriebenen Trend fort. Der Rückgang des N-Überschusses ist auf einen steigenden Stickstoffentzug in Folge eines steigenden Ertragsniveaus des Getreides zurückzuführen.

Eine ausgeglichene N-Bilanz der Fruchtfolge liegt bei einer Düngung zwischen den Stufen N1 und N2 vor und wird bei einer N-Düngung von etwa 350-400 kg N ha⁻¹ in der gesamten Fruchtfolge erreicht. Im Hinblick auf Ertrag und Qualität der Einzelfrüchte muss die Düngung fruchtartspezifisch betrachtet werden. Bei Getreide waren die Bilanzen der Düngungsstufe N3 nahezu ausgeglichen und bieten nur ein geringes Einsparpotential ohne entsprechende Ertrags- oder Qualitätsverluste. Allerdings muss man davon ausgehen, dass die Nährstoffe, die mit dem Rübenblatt auf dem Feld verbleiben, dem nachfolgenden Weizen und zu einem Teil auch der Gerste durch Mineralisation wieder zur Verfügung stehen und bei der Bemessung der N-Düngermenge berücksichtigt werden müssen. Weitere Einsparungen zum Erreichen einer ausgeglichenen Bilanz wären bei der Zwischenfrucht und den Zuckerrüben möglich, zumal mit der Düngungsstufe N1 (50 kg N ha⁻¹) bei Zuckerrüben in der Bodenbearbeitungsvariante Pflug nahezu maximale Bereinigte Zuckererträge erzielt werden konnten.

Bei einer unter Praxisbedingungen für diesen Standort bezüglich Ertrag und Qualität optimierten N-Düngung könnte Weizen mit 210 kg N ha⁻¹, Gerste mit 180 kg N ha⁻¹, die Zwischenfrucht mit 50 kg N ha⁻¹ und Zuckerrüben ebenfalls mit 50 kg N ha⁻¹

gedüngt werden. Hieraus ergibt sich für die Fruchtfolge eine Gesamtdüngermenge von 490 kg N ha^{-1} , die damit die Stickstoffmenge für eine ausgeglichene Bilanz überschreitet. In der Fruchtfolge lassen sich damit Bilanzüberschüsse zwischen 50 bis 70 kg N ha^{-1} erwarten, d.h. ca. $20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$. Da die Zwischenfrucht auf dem Feld verbleibt, wurde die Düngung zur Zwischenfrucht bei der Schätzung der Bilanzüberschüsse mit einbezogen.

Schlussfolgerungen

In einer Zuckerrüben - Winterweizen - Wintergerste - Zwischenfrucht Senf Fruchtfolge ohne Wirtschaftsdüngereinsatz traten in der höchsten Düngungsstufe deutliche Bilanzüberschüsse auf. Die Bilanzüberschüsse der Fruchtfolge waren in erster Linie auf die Zuckerrüben und die Zwischenfrucht zurückzuführen, während die fruchtartsspezifischen Bilanzen des Getreides nahezu ausgeglichen waren. Durch eine auf 50 kg N ha^{-1} verminderte N-Düngung zu Zuckerrüben (anstatt 170 kg N ha^{-1}) könnte der Bilanzüberschuss der Fruchtfolge ohne wesentliche Ertrags und Qualitätseinbußen gesenkt werden. Für eine ausgeglichene Bilanz in der Fruchtfolge müsste die N-Düngung weiter reduziert werden, was zu Ertrags- und Qualitätseinbußen insbesondere beim Getreide führen würde.

Literatur

Baeumer, K. und Köpke, U. (1989): Effects of nitrogen fertilization. In: Baeumer, K. und Ehlers, W. (Hrsg.): Energy saving by reduced tillage. Brüssel, Luxemburg, 145-162.

Ehlers, W. (1989): Water regime of tilled and untilled soils. In: Baeumer, K. und Ehlers, W. (Hrsg.): Energy saving by reduced tillage. Brüssel, Luxemburg, 105-116.

Stockfisch, N., Hoffmann, C. und Koch, H.-J. (1999): N-Bilanz in einer Zuckerrüben – Weizen – Gerste - Fruchtfolge bei langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitung. In: UFZ Bericht 24/1999, Internationales Symposium „Dauerdüngungsversuche als Grundlage für nachhaltige Landnutzung und Quantifizierung von Stoffkreisläufen“, Halle, 247-250.

Nitratgehalt der Böden in Wasserschutzgebieten - 5 Jahre Kontrolluntersuchungen im Herbst

Bufe, Jürgen (Leipzig)¹

- Im Zeitraum 1997 – 2001 wurden jährlich zwischen ca. 1400 und 2100 Bodenproben aus 0 ... 60 cm Tiefe in Wasserschutzgebieten entnommen und auf den Nitratgehalt untersucht.
- Zwischen den Jahren gibt es deutliche Unterschiede in der absoluten Höhe der Gehalte, die wesentlich von der Witterung im Herbst beeinflusst werden.
- Die Gehaltsabstufungen zwischen den Fruchtarten bzw. Fruchtartgruppen sind in den einzelnen Jahren ähnlich. Niedrige Gehalte zeigen sich unter Grünland, Feldfutter, Obst und Sommergetreide, „Risikokulturen“ sind Mais, Kartoffeln, Winterraps und Körnerleguminosen.
- Die Herbstbodenbearbeitung, die Nachfolgekultur und die Schwere der Böden beeinflussen die Höhe der Nitratgehalte.
- Es kann in jedem Jahr nachgewiesen werden, dass unter den einzelnen Fruchtarten bzw. Fruchtartgruppen die Nitratgehalte in Wasserschutzgebieten deutlich unter denen von Vergleichsflächen ausserhalb von Wasserschutzgebieten liegen. Damit kann der Nachweis erbracht werden, dass die für Wasserschutzgebiete festgelegten Bewirtschaftungsmassnahmen zur Reduzierung des Nitratauswaschungspotentials führen.

¹ eMail: juergen.bufe@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

Auswirkungen von Klärschlamm auf physikalische Eigenschaften von Böden

Paul, Rainer (Jena)

1. Einführung

Die Nutzung von Klärschlamm als Nährstofflieferant und zur Verbesserung des Gefüges landwirtschaftlich genutzter Böden ist von der Klärschlammverordnung (Novelle der AbfKlärV. vom Juli 1992, 2002) durch die generelle Begrenzung auf 5 t Klärschlamm Trockenmasse je Hektar (0,12 % Klärschlamm-TM, bezogen auf die Bodentrockenmasse einer 30 cm mächtigen Krume) stark eingeschränkt.

Demgegenüber unterliegt Klärschlamm zur Rekultivierung devastierter Böden nur hinsichtlich der Stickstofffracht, den Gehalten an Schwermetallen und organischen Schadstoffen Begrenzungen. So kann nach der Thüringer Kalihaldenrichtlinie (2002) zur Abdeckung der Kalirückstandsmengen der Gehalt an Stickstoff (N_{ges}) in der Nutzschiicht 0,3% bzw. 10 000 kg N_{ges} je ha betragen. Befinden sich die Gehalte an Schwermetallen im Klärschlamm unterhalb der zulässigen Höchstwerte, ergeben sich keine weiteren Einsatzbeschränkungen. Damit wäre bei einem Anteil an N_{ges} im mineralischen Mischungspartner von 0,05 % ein Zusatz von etwa 700 t Klärschlamm Trockenmasse je ha möglich. Die Nutzschiicht würde etwa 10 % Klärschlamm-Trockenmasse enthalten.

Auf verschiedenen Halden und Deponien zeigen sich aber beim Einsatz großer Klärschlamm mengen Probleme sowohl stofflicher als auch nichtstofflicher Art. Ein Klärschlamm wie der im Versuch verwendete führt in dieser Konzentration 273 kg/ha pflanzenaufnehmbaren Stickstoff (NO_3 und NH_4) der Halde zu. Zusammen mit ca. 15 kg aus dem mineralischen Mischungspartner enthielte die Nutzschiicht 288 kg/ha pflanzennutzbaren Stickstoff. Diesem Angebot steht ein Bedarf für die Versorgung eines Pflanzenbestandes zur Begrünung (keine landwirtschaftliche Rekultivierung) von nur 30...100 kg pflanzennutzbarer Stickstoff entgegen (Vollzugshilfe BBSchV, 2002).

Vom Klärschlammzusatz wird auch eine Verbesserung der physikalischen Eigenschaften des mineralischen Mischungspartners erwartet. Die Nutzschiicht soll den Vorgaben der Kali-Halden-Richtlinie (2002) entsprechend eine Speicherung pflanzennutzbaren Bodenwassers von mindestens 120 mm/m Schichtmächtigkeit und eine weitgehende Unterbindung der Versickerung von Niederschlagswasser in den Deponie- bzw. Haldenkörper ermöglichen.

Auf Halden mit hohem Klärschlammzusatz zeigen sich aber physikalische Schadbilder wie Stauwasser, lateraler Wasseraustritt aus den Haldenböschungen und Wasser-, ggf. auch Sauerstoffmangel bei den Pflanzen.

Diese Erscheinungen deuten darauf hin, dass sich bei Ausnutzung der aus der Sicht der Nährstoffzufuhr möglichen Zumischung von Klärschlamm die erwünschten physikalischen Eigenschaften in der Nutzschiicht nicht einstellen bzw. auch physikalische Schäden eintreten können. Damit sind auch aus bodenphysikalischen Gründen Einsatzgrenzen für die Klärschlamm anwendung zu erwarten.

2. Material und Methoden

Zur Einschätzung der physikalischen Auswirkungen des Klärschlammzusatzes in Nutzschiichten wurde ein Laborversuch mit einem humosen Sandboden durchgeführt, dem 1, 2, 5 und 10% Trockenmasse eines kommunalen Klärschlammes (KS konditioniert mit Synthofloc SX 5409 L) zugemischt wurden. Die

Korngrößenzusammensetzung und der Gehalt an Stickstoff und Kohlenstoff (gesamt) des Sandbodens sind in der Tabelle 1 dargestellt. Die Tabelle 2 enthält die physikalischen Eigenschaften des Klärschlammes, die Tabelle 3 dessen chemische Eigenschaften.

Tabelle 1: Korngrößenverteilung, N und C-Gehalt des Sandbodens (Anteile in Masse-%)

Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Grobschluff	Mittelschluff	Feinschluff	Ton	Bodenart
10,1	47,9	22,1	5,3	3,2	7,4	4,0	Su2
N _t	C _{org}						
0,1	1,1						

Tabelle 2: Physikalische Eigenschaften des Klärschlammes

Trockenmasse	Masse-%	82,2	nutzb. Feldkapazität	Vol.-%	38,8
Trockenrohdichte	g/cm-3	0,15	Welkepunkt	Vol.-%	41,9
Porenvolumen	Vol.-%	90,3	Wasserdurchlässigkeit	cmd ⁻¹	96,2
Feldkapazität	Vol.-%	80,7			

Tabelle 3: Nährstoffgehalt des Klärschlammes

pH	P	K	Mg	Ca	Cges	Nges	NO ₃	NH ₄	Cd	Hg	Cu	Ni	Pb	Cr	Zn
% der TM							mg/1000g TM								
6,9	1,97	0,43	0,70	3,71	63,9	1,05	36,2	353,8	0,97	0,91	257	25,7	39,9	28,1	812
Grenzwert AbfKlärV 1992									10	8	800	200	900	900	2500

Das Gemisch wurde in Stechzylinder eingebaut und mit 150 kPa Druck verdichtet. Gemessen wurde der Wassergehalt bei Saugspannungen von 6; 30; 60 und 1500 kPa, die Trockenrohdichte und der kf-Wert. Das Porenvolumen wurde aus Messwerten der Trockenroh- und Feststoffdichte berechnet.

In einem zweiten Experiment wurde Klärschlamm als Schicht von 1, 3 und 5 cm Mächtigkeit (=1; 2 und 5% KS-TM) in den Sandboden eingebaut, verdichtet und nur der kf-Wert gemessen.

3. Ergebnis

3.1 Wassergehalts-Saugspannungsbeziehungen

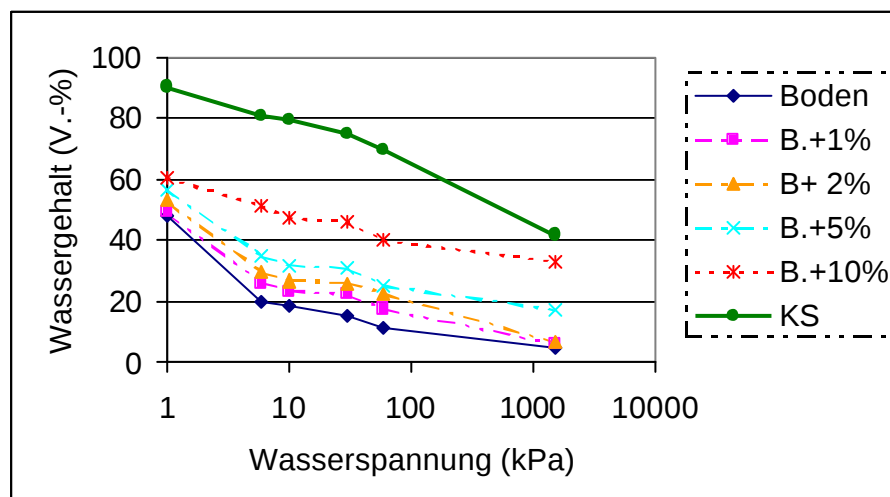


Abb.1: Wassergehalts-Saugspannungsbeziehungen der Boden-Klärschlamm-gemische

Die Abbildung 1 zeigt die Wassergehalts-Saugspannungsbeziehungen des Mischungs-varianten und damit deren Entwässerungsverlauf. Die Kurven zeigen einen Zuwachs an gespeichertem Wasser mit zunehmendem Klärschlammzusatz. Der Zuwachs besteht vor allem aus mit mehr als 1500 kPa gebundenem Wasser.

3.2 Porenvolumen und Feldkapazität

Tabelle 4: Dichte, Porenvolumen und Feldkapazität der Boden-Klärschlammgemische

Variante	Feststoff-dichte	Trocken-rohdichte	PV	FK	nFK	PWP	LK
	gcm ⁻³		Vol.-%				
Boden	2,57	1,33	48,3	20,2	15,3	4,9	28,1
Boden +1% KS	2,56	1,30	49,2	26,0	20,0	6,0	23,2
Boden + 2% KS	2,54	1,19	53,0	29,7	21,7	8,0	23,3
Boden + 5% KS	2,50	1,08	56,9	34,9	17,7	17,2	22,0
Boden + 10% KS	2,43	0,96	60,4	51,3	18,4	32,8	9,11

Wichtige Kenngrößen aus der Wassergehalts-Saugspannungskurve sind der Anteil des mit > 6 kPa (Äquivalentwert der Feldkapazität) und des mit > 1500 kPa gebundenem Wassers (Äquivalentwert für den Welkepunkt). Die Differenz zwischen beiden Werten ergibt den Anteil an pflanzennutzbarem Bodenwasser.

Die Feldkapazität nimmt mit zunehmendem Klärschlammzusatz zu (Tab. 4). Da aber dieser Anteil zu einem hohen Anteil auf nicht pflanzennutzbarem Bodenwasser beruht, ergibt sich für den pflanzenverfügbaren Anteil nur eine Steigerung für die Gemische bis 2 % Klärschlamm, bei höheren Klärschlammanteilen sinkt dieser Anteil wieder ab.

Die für die Funktion der Nutzschrift wichtigen durchlüfteten Grobporen ergeben sich aus der Differenz des Porenvolumens und dem Wasservolumen bei 6 kPa.

Dieser Grobporenanteil sinkt mit zunehmendem Klärschlammanteil deutlich ab, obwohl die Entwicklung der Trockenrohdichte eine Auflockerung des Materials anzeigt.

Ursache ist ein gleichzeitiger Rückgang der spezifischen Dichte. Die Festsubstanz nimmt damit mehr Volumen ein. Das Porenvolumen steigt dann nicht mehr in Proportion zum Rückgang der Dichte. Der gleichzeitige Anstieg des Bodenwasservolumens lässt den Anteil der luftgefüllten Poren sogar übermäßig stark sinken.

Bei entsprechend hohem Anteil an organischem Material kann es deshalb zu Durchlüftungsproblemen des Gemisches im Einbauszustand kommen.

3.3 Wasserdurchlässigkeit

Der Zusatz von Klärschlamm bewirkt eine Abnahme der Durchlässigkeit (Tab. 6). Bis zu einem Klärschlammanteil von 5% ist diese Abnahme unkritisch, u.U. sogar vorteilhaft. Für die Aufgabe der Nutzschrift als Hemmnis für die Wasserversickerung ist die geringere Durchlässigkeit gegenüber dem Sandboden sogar vorteilhaft.

Die Verhältnisse verschlechtern sich ab einem Anteil von 10% Klärschlamm-TM. Die Wasserleitfähigkeit sinkt unter 10 cm/d und ist damit zu gering. Es ist mit Stauwasser zu rechnen. Sehr ungünstige Transportbedingungen für das Bodenwasser ergeben sich bei der unvermischten Einlagerung des Klärschlammes. Hier genügt eine durchgängige Schicht von 1 cm, um die Durchlässigkeit stark zu vermindern. Ab 5 cm ist sie praktisch unterbunden. Die Folgen entsprechen denen eines Klärschlammanteiles von 10 %.

Tabelle 5: Wasserleitfähigkeit (kf-Wert, gesättigt, vertikale Fliessrichtung) von Klärschlammgemischen und –schichten

Variante	Klärschlammereinbau	
	Im Gemisch	als Schicht
	cm/d	
Boden +1% KS	21	7
Boden + 2% KS	92	3
Boden + 5% KS	38	0,4
Boden + 10% KS	7	n.b.
Boden (Kontrolle)	188	187

4. Schlussfolgerung

Klärschlamm wirkt gefügevverbessernd. Er verfügt über eine hohe Speicherfähigkeit für Wasser, wovon aber etwa die Hälfte mit so hohen Kräften gebunden wird, dass es für die Pflanzen nicht verfügbar ist. Er kann jedoch im Gemisch mit einem wenig speicherfähigen Partner dessen Speicherfähigkeit deutlich verbessern. Ein weiterer Effekt ist die Verminderung der Wasserdurchlässigkeit, die bei einem solchen mineralischen Material im allgemeinen zu hoch ist. Damit unterbindet er die rasche Versickerung von Niederschlagswasser.

In der Landwirtschaft kann wegen der Mengenbegrenzung des Klärschlammes nur eine anteilige Wirkung auf das Gefüge erreicht werden. Auf entsprechenden Standorten sollte diese genutzt werden.

Für die Rekultivierung devastierter Böden sind aus der Sicht der Stoffmengen relativ hohe Klärschlamm-mengen möglich.

Aus der Sicht der Gefügeentwicklung sollten diese aber nicht ausgenutzt werden. Mit günstigsten Gefügewirkungen ist bei einem Zusatz von 2% bis maximal 5 % Klärschlamm-trockenmasse im Gemisch zu rechnen. Größere Mengen sind für die Gefügefunktionen nachteilig. Ursache ist die geringere Dichte des Klärschlammes und seine hohe Wasserbindekraft.

Der leichtere Klärschlamm und sein gespeichertes Wasser nehmen ein großes Volumen ein. Dieses vermindert das Luftporenvolumen mit nachteiligen Auswirkungen auf den Gasaustausch und den von der Schwerkraft angetriebenen Wassertransport. Beträgt der Klärschlamm-anteil mehr als 5% Trockenmasse, nimmt die Wahrscheinlichkeit einer Stauwasserbildung zu.

Klärschlamm bindet das Wasser sehr fest. Ein hoher Anteil an Klärschlamm reduziert das nutzbare Bodenwasser. Obwohl das Material sensorisch sehr feucht ist, können die Pflanzen Trockenschäden erleiden.

Anders als im Gemisch erzeugt als Schicht aufgebracht Klärschlamm Stauwasser, sobald eine ununterbrochene Klärschlamm-decke aufgebracht wird. Die Mächtigkeit der Schicht bzw. der Klärschlamm-anteil an der Nutzschrift ist dann nicht entscheidend.

Aus diesen Gründen ist ein Anteil an Klärschlamm-trockenmasse im Material einer Nutzschrift zwischen 2 und 5 % zu empfehlen, wobei Klärschlamm und mineralisches Material vermischt werden sollen.

Bei Berücksichtigung dieser Begrenzungen ist Klärschlamm ein vorteilhafter Mischungspartner für eine gering speicherfähige mineralische Komponente zur Herstellung von Nutzschriften zur Haldenrekultivierung.

5. Literatur

Klärschlammverordnung AbfKlärV. BBodI, 912, 1992 zuletzt geändert 25.03.2002

Richtlinie für die Abdeckung und Begrünung von Kalihalden im Freistaat Thüringen – Kali-Halden-Richtlinie. Thüringer Staatsanzeiger 12 (19) 2002, 1540-1560

Bund-Länder AG Bodenschutz (Labo) 2002: Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV. 40 S.

Mikronährstoffversorgung landwirtschaftlich genutzter Böden in Sachsen

Klose, Ralf (Leipzig); Kurzer, Hans-Joachim

Für eine Bestandsaufnahme der Versorgung sächsischer Böden mit Mikronährstoffen wurden im Jahr 2000 ca. 1000 Dauertestflächen beprobt und der pflanzenverfügbare Gehalt an Bor, Kupfer, Mangan, Molybdän und Zink ermittelt. Die Untersuchungen erfolgten sowohl unter Verwendung der CAT-Methode nach ALT (VDLUFA A.13.1.1) als auch „klassisch“ nach WESTERHOFF (Cu, VDLUFA A.7.3.1), SCHACHTSCHABEL (Mn, A.7.2.1), TRIERWEILER (Zn, A.7.5.1) und aus dem Heißwasserextrakt (B, Mo, A.7.1.1 und 7.4.1).

Für die Elemente Cu, Mn und Zn werden auf allen Standorten optimale Gehalte (Düngung nur zu mikronährstoffintensiven Kulturen) bzw. hohe Gehalte (Gehalte reichen für alle Kulturen für hohe Erträge aus) ermittelt (Tabelle). Bei Anwendung der Einzelelement-Methoden werden für diese Elemente die gemessenen Gehalte im Vergleich zur CAT-Methode ähnlich bewertet.

Die Molybdänversorgung ist mehrheitlich auf allen Böden mangelhaft, 96% der Verwitterungsböden weisen niedrige Gehalte auf. Hier besteht ein dringender Bedarf an geeigneten Bewertungskriterien. Für Bor liegt der Anteil niedrigversorgter Böden auf diluvialen Standorten bei 13%, auf Verwitterungsstandorten bei 17%. Heißwasser- und CAT-Werte unterscheiden sich häufig stark voneinander. Die Bewertung eines Analysenwertes hängt wesentlich vom benutzten Bewertungsschema ab. Auf mögliche Ursachen wird eingegangen.

Tabelle: Anteil niedrigversorgter Standorte nach NStE (Versorgungsklasse A),
CAT-Extrakt: B, Cu, Mn, Zn ; Heißwasserextrakt: Mo

Element	NStE			
	AI	D	Lö	V
B	3%	13%	6%	17%
Cu	< 1%	< 1%	< 1%	1%
Mn	0	1,6%	< 1%	< 1%
Mo	50%	66%	69%	96%
Zn	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%

Pflanzliche, tierische und mikrobielle Diversität in Agrarproduktionssystemen

Diversität von Agrarproduktionssystemen

Leithold, Günter (Gießen)¹

1. Einführung

Heute vorherrschende Agrarproduktionssysteme sind zum einen Resultat einer langen historischen Entwicklung; zum anderen werden sie geprägt von den natürlichen Voraussetzungen für die Agrarproduktion, den ökonomischen Rahmenbedingungen und der sozialen Umwelt des Landwirts (Baeumer 1992). Eine Übersicht über die historische und aktuelle Landbewirtschaftung in Verbindung mit einem Blick in die Zukunft gibt Haber (1996). Gegenwärtige Agrarproduktionssysteme sind in Abhängigkeit von den o.g. Bedingungen außerordentlich vielfältig. Daher soll hier der Versuch unternommen werden, diese Vielfalt zu charakterisieren bzw. zu systematisieren. Untersuchungsergebnisse zur faunistischen und/oder floristischen Diversität in Agrarökosystemen und angrenzenden Biotopen sind damit ggf. besser interpretier- und vergleichbar.

2. Begriffsbestimmung

Menschliche Tätigkeit überformte in Jahrtausenden die Naturlandschaft; durch vorherrschende landwirtschaftliche Nutzung bildeten sich die heutigen typischen Agrarlandschaften heraus, die sich oft in unterschiedlichen Agrarökosystemen zeigen. Nach Knauer (1993) können für Agrarökosysteme unterschiedliche Systemgrenzen angenommen werden (Betrieb, Feld ...). Diese nicht strengen Systemgrenzen erschweren den Versuch der Systematisierung.

Ebenso werden keine einheitlichen, abgegrenzten Begriffe verwendet. Knauer (1993) definiert u.a. die Begriffe Naturlandschaft, Kulturlandschaft, Agrarlandschaft und Agrarökosystem. Agrarökosysteme zählen demnach zu den Nutzökosystemen, ebenso wie Forstökosysteme oder Techno-Ökosysteme. Folgerichtig dürften sich die Begriffe Agrarökosysteme und Agrarproduktionssysteme synonym verwenden lassen. Baeumer (1991, 1992) definiert den Begriff des Bodennutzungssystems, mit dessen Hilfe sich nach Ansicht des Autors Agrarproduktionssysteme gut charakterisieren lassen. So wird das Bodennutzungssystem (BNS) beschrieben als (1) die langfristige, durch bestimmte Merkmale gekennzeichnete Struktur der Grasland- und Feldwirtschaft; (2) Sie entsteht als Folge der Gesamtheit aller Eingriffe und organisatorischen Maßnahmen, die der Landwirt zum Zweck der Pflanzenproduktion vornimmt. In Gestalt des Nutz- und Fruchtartenverhältnisses besitzt nach Baeumer das BNS eine räumliche und durch die Fruchtfolge eine zeitliche Dimension. Der Viehhaltung wird eine Mittlerfunktion für den räumlichen Stofftransport im Territorium zuerkannt, womit ein Bezug zum landwirtschaftlichen Betrieb als Ganzes hergestellt ist.

3. Systematische Merkmale von Agrar-Produktionssystemen

3.1. Spezielle Intensität der produktionstechnischen Eingriffe

Die spezielle Produktionsintensität informiert über Mittel, Mengen, Zeitpunkt und Häufigkeit der Anwendung von Betriebsmitteln. Berücksichtigung finden hierbei u.a. Menge und Form der Anwendung betriebseigener und/oder zugekaufter Düngemittel, die Art und Weise des Pflanzenschutzes (z.B. chemischer Pflanzenschutz:

¹ eMail: organ.landbau@agrar.uni-giessen.de

vorbeugend, nach Schadschwellen, ohne chemischen Pflanzenschutz) oder die Menge des Zukaufes betriebsfremder Futtermittel je nach Viehbesatz. Eine hohe spezielle Intensität, insbesondere bei umfangreichem Einsatz betriebsfremder Mittel, steht gewöhnlich für eine hohe Regelungsintensität und für ein geringes Niveau des Selbstregulationsvermögens eines Agrarproduktionssystems.

Die Kategorien **Konventioneller Landbau**, **Integrierter Landbau** und **Ökologischer Landbau** sind heute relativ klar nach Gesichtspunkten der speziellen Produktionsintensität abgrenzbar bzw. abgegrenzt (vgl. Baeumer 1992), so dass diese als Systematisierungs-merkmale genutzt werden können.

3.2. Tierhaltung

Die landwirtschaftliche Bodennutzung wird maßgeblich von der Nutztierhaltung beeinflusst. Geeignete Maßstäbe, nach denen ein Agrarproduktionssystem systematisiert werden kann, sind die Höhe des Viehbesatzes, die Tierkategorie und die Aufstallungsart. Je nach Höhe des Viehbesatzes wird ein beträchtlicher Teil der landwirtschaftlichen Primärproduktion im Betrieb veredelt. Das Nutz- und/oder Ackerflächenverhältnis richtet sich hierbei in wesentlichem Maße nach dem Bedarf an Konzentrat- und Grobfutter. Die Tierkategorie nimmt durch die speziellen Verdauungsprozesse Einfluss auf die notwendige Futterbereitstellung sowie auf Menge und Qualität der anfallenden tierischen Exkrememente. Die Aufstallungsart entscheidet, welche Form an organischem Dünger im Agrarproduktionssystem zur Anwendung kommt. Eine komplexe Darstellung zur Rolle der Nutztierhaltung für die innerbetrieblichen Stoffkreisläufe geben Rauhe et al. (1982). Folgende Systematisierungsmaßstäbe für die o.g. Kategorien der Nutztierhaltung werden vorgeschlagen:

- **Viehbesatz**, differenziert in viehlose Bewirtschaftung, niedriger Viehbesatz ($< 0,5$ GV/ha LF), an die Betriebsfläche angepasster Viehbesatz ($< 2,0$ GV/ha LF) und flächenunabhängige Massentierhaltung ($> 2,0$ GV/ha LF);
- **Tierkategorie**, differenziert in Polygastride (Rind, Schaf) und Monogastride (Schweine, Huhn) sowie
- **Aufstallungsart**, differenziert in Einstreuhaltung (Stalldung, Jauche), einstreulose Haltung (Gülle) und ganzjährige Außenhaltung.

3.3. Bodennutzungsarten

Die Bodennutzungsarten sind nach Baeumer (1992) Kennzeichen für eine differenzierte Bodennutzung nach Dauer und Zusammensetzung der Vegetationsdecke. Somit sind die Agrarproduktionssysteme nach folgenden Kategorien systematisierbar:

- **Ackerbau/Feldwirtschaft/Felderwirtschaft** (Anbau sommer- und winterannueller Kulturpflanzen);
- **Feldgraswirtschaft** (Unterbrechung des Ackerbaus durch mindestens zwei Hauptnutzungsjahre mit Ackerfutterbau, typisch im Öko-Landbau);
- **Plantagenwirtschaft** (Obst, Wein ...);
- **Graslandwirtschaft** (Grünlandnutzung auf absoluten Graslandstandorten);
- **Brache** (Vollbrache: Rotationsbrache, längerfristige Stilllegung; Teilbrache; Vegetation: schwarz, selbst begrünt, gezielt begrünt).

3.4. Fruchtfolge

Aspekte der Fruchtfolgen erlauben eine Charakteristik und Systematisierung ackerbaulich genutzter Böden (vgl. Köneke 1967).

Folgende Merkmale werden zur Systematisierung von Agrarproduktionssystemen unter dem Aspekt der Fruchtfolge vorgeschlagen:

- **Nutzflächenverhältnis** (Verhältnis von Grünland und Ackerland im Territorium);
- **Anbauverhältnis** (Anbaukonzentration von Fruchtarten und Fruchtartengruppen im Betrieb oder im Rotationsbereich; zweckvollerweise kann das Verhältnis von Halm- und Blattfrüchten, Leguminosen und Nichtleguminosen, sommer- und winterannuellen Fruchtarten, Humuszehrern und Humusmehrern speziell ausgewiesen werden);
- **Anzahl der Fruchtfolgefelder** (sofern spezielle Fruchtfolgen ausgewiesen sind: z.B. drei- oder fünffeldrige Fruchtfolgen);
- **Anzahl der landwirtschaftlichen Kulturen in Haupt- und Zweitfruchtstellung** (Aussage zur Kulturartendiversität);
- **Umfang und Art des Zwischenfurchtanbaus** (Unter-, Stoppel- und Winterzwischenfrüchte);
- **Umfang und Art der Brache** (vgl. 3.3);
- **mittlere Feldgröße** (Sie bestimmt wesentlich das Bild der Kulturlandschaft sowie deren Funktion als Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Menschen.).

3.5. Bodenbearbeitung

Perkun und Claupen (1998) geben eine Übersicht über die Vielfalt der Bodenbearbeitungssysteme. Hieraus lassen sich grundlegende Kategorien erkennen, die zur Systematisierung von Agrarproduktionssystemen geeignet sind:

- **konventionelle Bodenbearbeitung mit dem Pflug** (Lockerboden-Mulchwirtschaft);
- **konservierende Bodenbearbeitung ohne Pflug** (variabel von der Lockerboden-Mulchwirtschaft zur Festboden-Mulchwirtschaft, das heißt abnehmende Eingriffsintensität im Rahmen der Verfahrensschritte Stoppelbearbeitung, Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Aussaat);
- **ohne Bodenbearbeitung** (Eingriff beschränkt sich lediglich auf die Aussaat, z.B. mit Scheibendrillmaschinen; synonyme Bezeichnungen: extreme Festbodenmulchwirtschaft, Direktsaat, Minimalbodenbearbeitung).

3.6. Wasserregulierung

Intensität und Produktivität von Agrar-Produktionssystemen sind wesentlich abhängig von einer ausreichenden Wasserversorgung der Kulturpflanzenbestände. Nach der Art und Weise der Wasserregelung ist eine Systematisierung wie folgt möglich (vgl. Widmoser 1997).

- **Wasserhaushalt ungeregelt;**
- **Wasserhaushalt geregelt** (Bewässerung: Beregnung, Einstaubbewässerung ...; Entwässerung: Drainageentwässerung, Grabenentwässerung ...; Kombination von Be- und Entwässerungsanlagen).

3.7. Grünlandnutzung

In Abhängigkeit von Standort- und Klimaverhältnissen kann die Grünlandnutzung, oft in Kombination mit der Rinderhaltung, im Agrarproduktionssystem stark dominieren (z.B. Vorgebirgs- und Gebirgsstandorte). Geeignete Kategorien für eine Systematisierung sind nachfolgend aufgeführt:

- **Intensität der Bewirtschaftung** (vgl. Pkt. 3.1), differenziert in
 - konventionell** – intensive Schnittnutzung und/oder Beweidung, intensive mineralische und/oder organische Düngung, chemische Unkrautregulierung;
 - extensiv** – späte Schnittnutzung und/oder Beweidung, eingeschränkte Düngung und eingeschränkte chemische Pflanzenschutzmaßnahmen;
 - ökologisch** – intensive Nutzung über die gesamte Vegetationsperiode möglich, keine chemischen Betriebsmittel, möglichst organische Düngung zur Stickstoffversorgung;
- **vorherrschende Art der Nutzung** (Dauergrünland, Wechselgrünland; Wiese, Streuwiese; Weide, Mähweide, Hutung; Almen);
- **nach Standortbedingungen** (absolutes oder fakultatives Grünland; Trockenrasen, Feuchtwiesen, ...)
- **nach vorherrschenden Pflanzengesellschaften** (Klapp 1965, Oberdorfer 1983).

4. Ausblick

Weitere Kategorien einer Systematisierung sind möglich. Vorgeschlagen wird die Erarbeitung eines vergleichsweise einfachen Erhebungsbogens, mit dessen Hilfe sich die speziellen Monitoringflächen zur Biodiversitätsbestimmung unter Hinzuziehung von Daten zu Bodeneigenschaften, zu Klima und Witterung sowie zur aktuellen Bewirtschaftung näher beschreiben lassen. Dazu notwendige Angaben können aus der Schlagkartei der Betriebe entnommen werden. Schließlich sind Untersuchungen zur Diversität der Agrarökosysteme selbst und zu deren Entwicklung möglich.

Literatur

- Baeumer, K. (1991): Bodenfruchtbarkeit als wissenschaftlicher Begriff: Kenngrößen und Prozesse im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Produktion in Agrarökosystemen. In: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, Bd. 1, Bodenfruchtbarkeit, Berichte über Landwirtschaft: Sonderheft; 203, 29-45
- Baeumer, K. (1992): Allgemeiner Pflanzenbau. Ulmer-Verlag, 3. Auflage
- Haber, W. (1976): Bedeutung unterschiedlicher Land- und Forstbewirtschaftung für die Kulturlandschaft – einschließlich Biotop- und Artenvielfalt. In: Linckh, G., H. Sprich, H. Flaig u. H. Mohr (Hrsg.): Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft-Expertisen, Springer-Verlag, 1-26
- Klapp, E. (1965): Grünlandvegetation und Standort. Parey-Verlag
- Knauer, N. (1993): Ökologie und Landwirtschaft. Ulmer-Verlag
- Könnecke, G. (1967): Fruchtfolgen. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag
- Oberdorfer, E. (1983): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil III. Fischer-Verlag
- Pekrun, C. u. W. Claupein (1998): Forschung zur reduzierten Bodenbearbeitung in Mitteleuropa: eine Literaturübersicht. Pflanzenbauwissenschaften, 2 (4), 160-175
- Rauhe, K., W. Nehring u. I. Lehne (1982): Der Stoffkreislauf in seiner Bedeutung für den einheitlichen landwirtschaftlichen Reproduktionsprozess und die Möglichkeit seiner optimalen Gestaltung. Wiss. Z. Univ. Halle XXX 82' M, 5, 57-64
- Widmoser, P. (1997): Ent- und Bewässerungsanlagen. In: Keller, R.; H. Hanus u. K.-U. Heyland (Hrsg.) Handbuch des Pflanzenbaues. Bd. 1, Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion, Ulmer-Verlag, 426-441

Gentechnisch modifizierte Pflanzen, aktuelle Nutzsornten und Biodiversität

Friedt, Wolfgang (Giessen)¹; Lühs, Wilfried

Die Fülle der Anforderungen, die an die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion gestellt werden, verlangen von der Pflanzenzüchtung die Bereitstellung eines vielfältigen Arten- und Sorten-spektrums. Neben methodischen und wirtschaftlichen Innovationen, die sich eindrucksvoll anhand der Einführung und mittlerweile weit verbreiteten praktischen Anwendung der modernen Biotechnologie – d.s. Zell- und Gewebekultur-Techniken, molekulare Marker, Gentechnik, u.a. - zeigt, ist die Pflanzenzüchtung auf eine breite genetische Diversität angewiesen, die mit einem immer größerem Aufwand in der Züchtungspraxis einhergeht. Dabei bilden die klassischen Züchtungsmethoden nach wie vor das Gerüst der Züchtung, wobei in zunehmenden Maße die Biotechnologie erweiterte Möglichkeiten bei der Schaffung neuer genetischer Ausgangsvariation eröffnet und zur Beschleunigung des Zuchtanges beiträgt. Darüber hinaus ermöglicht der gezielte Gentransfer die planmäßige Übertragung definierter Gene - unabhängig von der Spenderpflanze und von etwaigen Kreuzungsbarrieren. Die Gentechnik bietet dabei ein weiteres hoch-wirksames pflanzenzüchterisches Instrument, die wertbestimmende Zusammensetzung der Reservestoffe bereits im Innern der Pflanzenzellen dem späteren Verwendungszweck anzupassen. Dabei ist es prinzipiell möglich, einzelne gewünschte Gene auf die Nutzpflanze zu übertragen, ohne den Genotyp völlig umzugestalten, wie es im Falle der konventionellen Kombinationszüchtung zunächst der Fall ist. Sämtliche genannten Methoden müssen im Züchtungsprozess stets als ein System gesehen werden, denn nur eine sinnvolle Kombination verschiedener Verfahren - z.B. die Transformation mit einem relevanten Gen, gefolgt von der Regeneration intakter „transgener“ Pflanzen über Zell- und Gewebekulturtechniken sowie deren Weiterbearbeitung mit konventionellen Züchtungspraktiken (mehrjährige Auslese, Leistungsprüfungen, Erhaltungszüchtung, Saatgutproduktion) - ermöglicht eine effektive und erfolgreiche Neuzüchtung und Markteinführung verbesserter Sorten (vgl. Friedt und Lühs 1996, 1999).

Nutzung vorhandener Biodiversität in der Pflanzenzüchtung

Die vorhandene Biodiversität in Form pflanzen-genetischer Ressourcen hat stets einen beachtlichen Stellenwert in der Züchtung wichtiger Kulturarten, wie z.B. der Gerste (*Hordeum vulgare*) und dem Raps (*Brassica napus*), eingenommen und wird diesen auch künftig haben. Grundsätzlich sind genetische Ressourcen in primäre, sekundäre und tertiäre Genpools einzuteilen. Zum primären Genpool zählt dabei die Kulturart selbst sowie andere, mit ihr problemlos kreuzbare Spezies. Zum sekundären Genpool gehören Arten, bei denen Kreuzungen nur schwierig durchführbar sind und einen geringen Ansatz zeigen oder deren Nachkommen steril sind, während zum tertiären Genpool schließlich Arten zählen, die nur mit Hilfe biotechnologischer Methoden, wie z.B. der "Embryo-rescue"-Technik, mit der Kulturart kreuzbar sind. Für die züchterische Nutzung in Form der Einlagerung von Resistenzen oder der Einkreuzung veränderter Qualitätseigenschaften ist zunächst der primäre Genpool - in der Abstufung Leistungssorten > Landsorten > unadaptierte Sorten - maßgeblich; erst im Bedarfsfall sind in einem weiteren Schritt entfernte

¹ eMail: wolfgang.friedt @agrar.uni-giessen.de

Kreuzungen mit Arten des sekundären und des tertiären Genpools heranzuziehen. Sind solche weiten Kreuzungen jedoch erfolgreich durchgeführt und nach mehrmaligen Rückkreuzungen die erwünschten Resistenz- oder Qualitätsgene in adaptierte Hochleistungssorten eingelagert, so liegen diese Gene im primären Genpool der jeweiligen Art vor und sind damit wesentlich einfacher und schneller für die weitere Züchtung nutzbar. Die Nutzung genetischer Ressourcen in der praktischen Pflanzenzüchtung hat somit zu einer ständigen Erweiterung der genetischen Variation im primären Genpool der einzelnen Arten in bezug auf agronomisch bedeutende Merkmale geführt.

Am Beispiel der diploiden Gerste ($2n=2x=14$) bedeutet dies, dass *H. vulgare* selbst und *H. spontaneum* zum primären Genpool gehören, zum sekundären Genpool nur *H. bulbosum*, und alle anderen *Hordeum*-Arten schließlich zum tertiären Genpool zu rechnen sind. Was die Nutzung der jeweiligen Genpools angeht, so wurde bei der Gerste für die praktische Züchtung aber bislang fast ausschließlich der primäre Genpool genutzt. Ein wesentlicher Grund dafür, dass in der Züchtungspraxis zunächst auf möglichst angepasstes Material zurückgegriffen wird, besteht in der Tatsache, dass durch die Einkreuzung von nicht adaptiertem Material i.d.R. eine Vielzahl unerwünschter Eigenschaften (Gene) eingeführt werden, die in aufwendigen Rückkreuzungen wieder eliminiert werden müssen. Darüber hinaus ist zu bedenken, dass beispielsweise eingeführte Resistenzgene häufig in Kopplungsblöcken (Chromosomensegmenten) mit verminderter Rekombination konserviert sind (vgl. Bothmer 1996).

Im Gegensatz zur Gerste ist der allopolyploide Raps (*B. napus*, Genom AACC, $2n=20+18=38$) eine vergleichsweise junge Kulturpflanze. Da bisher noch keine Stammform - weder Wildform noch Unkraut - entdeckt wurde, geht man davon aus, dass die spontane Bastardierung zwischen Rübsen (*B. rapa*, AA, $2n=2x=20$) und Kohl (*B. oleracea*, CC, $2n=2x=18$) und die nachfolgende Polyploidisierung phylogenetisch noch nicht sehr lange zurückliegen. Sehr wahrscheinlich ist, dass *B. napus* seinen Ursprung im Mittelmeerraum, als dem gemeinsamen primären Verbreitungsgebiet der beiden monogenomischen Elternarten, hat. Verschiedene neue Befunde weisen jedoch darauf hin, dass amphidiploide *B. napus*-Formen, zu denen auch die Kohlrübe zählt, aus der interspezifischen Kreuzung von *B. rapa* und *B. oleracea* sicherlich nicht nur einmal, sondern mehrfach an verschiedenen Standorten und mit verschiedenen Formen der diploiden Elternarten gebildet worden sind. Aufgrund seiner relativ jungen Entwicklungsgeschichte scheint die natürliche genetische Variabilität im Genpool des Rapses jedoch in vielen züchterisch wertvollen Merkmalen stark eingeschränkt zu sein. Berücksichtigt man dagegen die ausgeprägte Formenmannigfaltigkeit von *B. oleracea* und *B. rapa* sowie die Wechselwirkungen zwischen den beiden im amphidiploiden Raps vereinten Genome als weitere Variationsursache, so wird deutlich, dass das genetische und züchterisch nutzbare Potential der experimentellen Synthese neuer Rapsformen bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist. Die jüngsten Beispiele für erfolgreiche Anwendungen der Raps-Resynthese belegen, dass dieser Ansatz auch heute, im Zeitalter der Molekularbiologie mit wesentlich erweiterten methodischen Möglichkeiten in der Züchtungsforschung, nichts von seiner Bedeutung verloren hat. In der heutigen Zeit liegt der besondere Wert von resynthetisiertem Raps in der Einkreuzung und Verbesserung von vorhandenem leistungsfähigem Raps-Zuchtmaterial im Hinblick auf erwünschte spezifische Eigenschaften, wie Krankheitsresistenzen (z.B. gegen Wurzelhals- und Stängelfäule oder Kohlhernie) oder Qualitätseigenschaften (z.B. Gelbsamigkeit, Glucosinolat-Muster, Samenölqualität), aber auch in der Erweiterung der nutzbaren genetischen Diversität und Schaffung neuer Genpools für die

Ertragszüchtung (vgl. Lühs *et al.* 1998, 2002, Lühs und Friedt 1999, Friedt und Lühs 1999).

Für die züchterische Nutzung vorhandener Biodiversität war und ist es von essentieller Bedeutung, dass das jeweilige Ausgangsmaterial - unabhängig davon, ob es dem primären, sekundären oder tertiären Genpool zuzurechnen ist - hinlänglich evaluiert ist. Unabdingbare Voraussetzung dafür ist nicht allein, dass die pflanzliche Vielfalt nach Möglichkeit *in situ* bewahrt wird; darüber hinaus ist es notwendig eine hinreichend breite genetische Variation (z.B. für Resistenz- oder Qualitätseigenschaften) in den Genbanken *ex situ* zu erhalten, zu vermehren und zu evaluieren. Während diese Evaluierungsarbeiten, z.B. bezüglich Krankheitsresistenzen, in früherer Zeit ausschließlich an Freilandversuche oder aufwendige künstliche Infektionsverfahren gebunden waren, können für diese Zwecke heute teilweise bereits molekulare Methoden (z.B. Marker) eingesetzt werden, mit deren Hilfe einmal identifizierte Resistenzgene effizient aus einer Donorpflanze (pflanzengenetische Ressource) in züchterisch genutztes Material (Sorte) übertragen werden können. Mit Unterstützung molekularer Marker dürfte sich die Nutzung genetischer Ressourcen in Form der Introgression definierter Gene in Kulturpflanzen künftig wesentlich einfacher und effizienter gestalten (Ordon und Friedt 2000).

Sortenzüchtung und Zuchtfortschritt

Die große Sortenvielfalt hierzulande ist das Ergebnis hervorragender Leistungen der mittelständischen Pflanzenzüchtung und ein Indiz für den Zuchtfortschritt. Hochwertiges Saat- und Pflanzgut einer Vielzahl von Kulturarten wird für den Food- und Non food-Bereich bereitgestellt. So sind in der Sortenliste des Bundessortenamtes derzeit 2.631 Sorten der landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Arten eingetragen und damit vertriebsfähig (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Entwicklung der Sortenzulassung wichtiger Kulturarten in Deutschland (1990-2002)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Landwirtschaftl. Arten (gesamt)	1.389	1.552	1.595	1.594	1.636	1.706	1.787	1.830	1.870	1.936	1.924	1.999	2.071
davon Getreide (inkl. Mais)	363	415	433	421	442	464	488	493	508	540	534	559	601
davon Futterpflanzen	472	495	645	665	677	695	729	743	742	749	751	791	800
davon Öl- und Faserpflanzen	138	150	120	116	116	123	136	141	146	156	161	158	179
davon Rüben	149	169	160	158	169	182	189	202	226	233	208	216	201
davon Kartoffeln	129	161	167	164	156	161	165	171	169	176	183	186	198
davon Reben	70	70	70	70	76	81	80	80	79	82	87	89	92
Gartenbauliche Arten (gesamt)	553	728	724	694	688	684	656	613	591	600	602	571	560
Summe	1.942	2.280	2.319	2.288	2.324	2.390	2.443	2.443	2.461	2.536	2.526	2.570	2.631

Quelle: Bundessortenamt, Blatt für Sortenwesen; zusammengestellt durch Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V. (BDP); Stand: September 2002

Von der großen Zahl zugelassener Sorten erreichen in der Regel nur vergleichsweise wenige eine dominierende Stellung im Anbau, die oft nur auf 5 bis 10 Jahre begrenzt ist. Die Fluktuation von Sorten charakterisiert den züchterischen

Fortschritt bei steigenden Anforderungen an Ertrag, Qualität und Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten, Schädlingen und anderen Stressfaktoren. Mit einem breiten Sortenangebot leistet die Pflanzenzüchtung *per se* einen entscheidenden Beitrag zur Wahrung von biologischer Diversität, da jede neue Sorte von allen anderen zugelassenen deutlich unterscheidbar sein muss. Die Vielgestaltigkeit innerhalb der züchterisch bearbeiteten Kulturpflanzen trägt zur Leistungssicherung in der pflanzlichen Erzeugung und damit auch zur ökologischen Stabilisierung von Kulturlandschaften bei.

Moderne Pflanzenzüchtung als Beitrag zur Nachhaltigkeit

Für die Pflanzenzüchtung ist bis in die heutige Zeit der Ertrag das primäre Kriterium in der Sortenentwicklung, da dieser in der Regel den Erfolg der landwirtschaftlichen Produktion maßgeblich bestimmt. Dies schließt jedoch nicht aus, dass sich die spezielle Gewichtung geändert hat, indem heute das sehr hohe Resistenz- und Toleranzpotenzial der Nutzpflanzensorten gegen Krankheiten bzw. Stressfaktoren entscheidend zur Ertragssicherheit und zu einem effizienten und ökonomischen Einsatz von Betriebsmitteln - z.B. Reduktion des Aufwandes an chemischen Pflanzenschutz und Düngermitteln - beiträgt. Das Zuchtziel "optimierter Ertrag" allein stellt jedoch Landwirte und Verbraucher heute nicht mehr zufrieden: Der heutige, ernährungs- und umweltbewusste Konsument erwartet eine immer bessere Qualität. So ist die Pflanzenzüchtung bestrebt, durch neue verbesserte Sorten als integraler Bestandteil von umweltverträglichen Produktionsverfahren in Landwirtschaft und verarbeitender Industrie Konflikte zwischen Ökologie und Ökonomie zu vermeiden. Daher haben in den letzten Jahren die Zuchtziele Resistenz, reduzierter Bedarf an pflanzenbaulichem Input (z.B. Nährstoffeffizienz) und Verwendungseignung (Produktqualität) in unterschiedlich starkem Maße als Ziele in Pflanzenzüchtungsprogrammen an Bedeutung gewonnen.

Markergestützte Resistenzzüchtung bei der Gerste

Bedingt durch die Tatsache, dass sich das Anbaugebiet der Gerste vom Polarkreis bis in die Tropen erstreckt, wird diese Kulturart von einer Vielzahl pilzlicher und viraler Pathogene befallen. Zu nennen sind: Mehltau (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*), die Getreideroste *Puccinia graminis* und *P. hordei*, Blattfleckenkrankheit (*Rhynchosporium secalis*),

Netzfleckenkrankheit (*Pyrenophora teres*) und die samenübertragbare Streifenkrankheit der Gerste (*Pyrenophora graminea*), die weltweit von Bedeutung sind. Neben den pilzlichen Erregern führen Virose n z.T. zu beträchtlichen Ertragsverlusten bei der Gerste. Unter Berücksichtigung seiner weltweit großen wirtschaftlichen Bedeutung ist das aphidenübertragene Barley Yellow Dwarf Virus (BYDV) an erster Stelle zu nennen. Im ostasiatischen und europäischen Raum ist die Gelbmosaikvirose - verursacht durch verschiedene Stämme des Barley Yellow Mosaic Virus (BaYMV) und des Barley Mild Mosaic Virus (BaMMV) - von besonderer Bedeutung. Während jedoch in bezug auf BYDV Ertragsverluste durch eine Bekämpfung der Vektoren verhindert werden können, ist dies bei der Gelbmosaikvirose aufgrund der Übertragung durch den bodenbürtigen Pilz *Polymyxa graminis* nicht möglich, so dass hier der Resistenzzüchtung und insbesondere der markergestützten Selektion eine besondere Bedeutung zukommt. Aufbauend auf klassisch-genetischen Analysen konnten jedoch bereits verschiedene Resistenzgene in die RFLP-Karte der Gerste integriert (Graner *et al.* 2000) sowie PCR-basierte Marker entwickelt werden (u.a. Ordon *et al.* 1997), welche bereits in der praktischen Züchtung zum Einsatz kommen (vgl. Abb. 1).

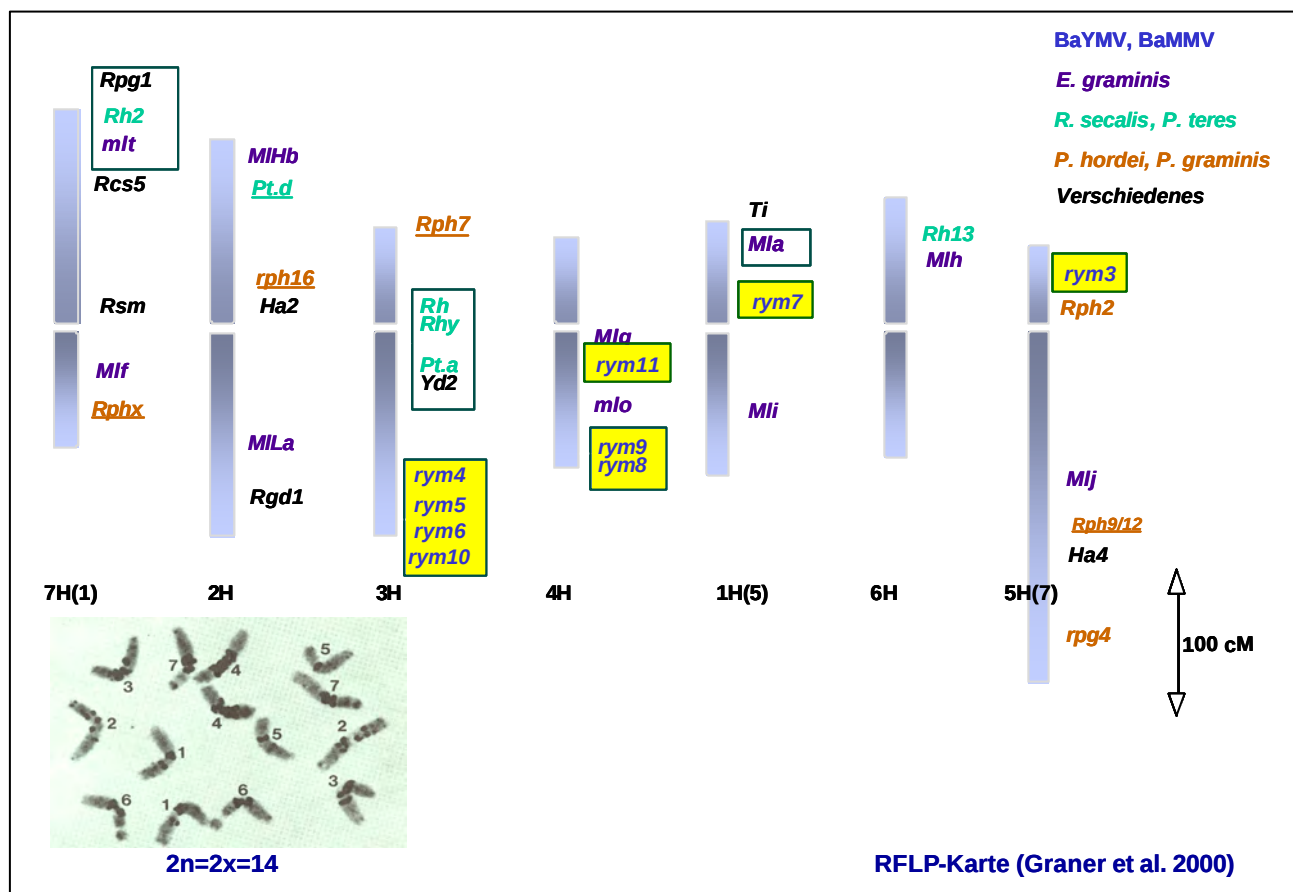


Abb. 1: Molekulare Marker in der Resistenzzüchtung bei Gerste (weitere Erläuterungen im Text)

Zuchtmethodische Fortschritte durch Hybridzüchtung

Zur weiteren Stärkung der Konkurrenzfähigkeit –z.B. von Ölfrüchten wie Raps - ist es als ein vorrangiges Ziel der Züchtung anzusehen, das genetische Ertragspotenzial noch besser auszuschöpfen - bei gleichzeitiger Reduktion des pflanzenbaulichen Inputs. Dafür kann die Züchtung wesentliche Voraussetzungen schaffen, denn eine Minimierung des pflanzenbaulichen Aufwandes setzt nährstoffeffiziente und krankheitsresistente Sorten voraus. Die Ertragszüchtung erfährt heutzutage ihre konsequente Fortsetzung durch die Entwicklung von Hybridsorten (Abb. 2).

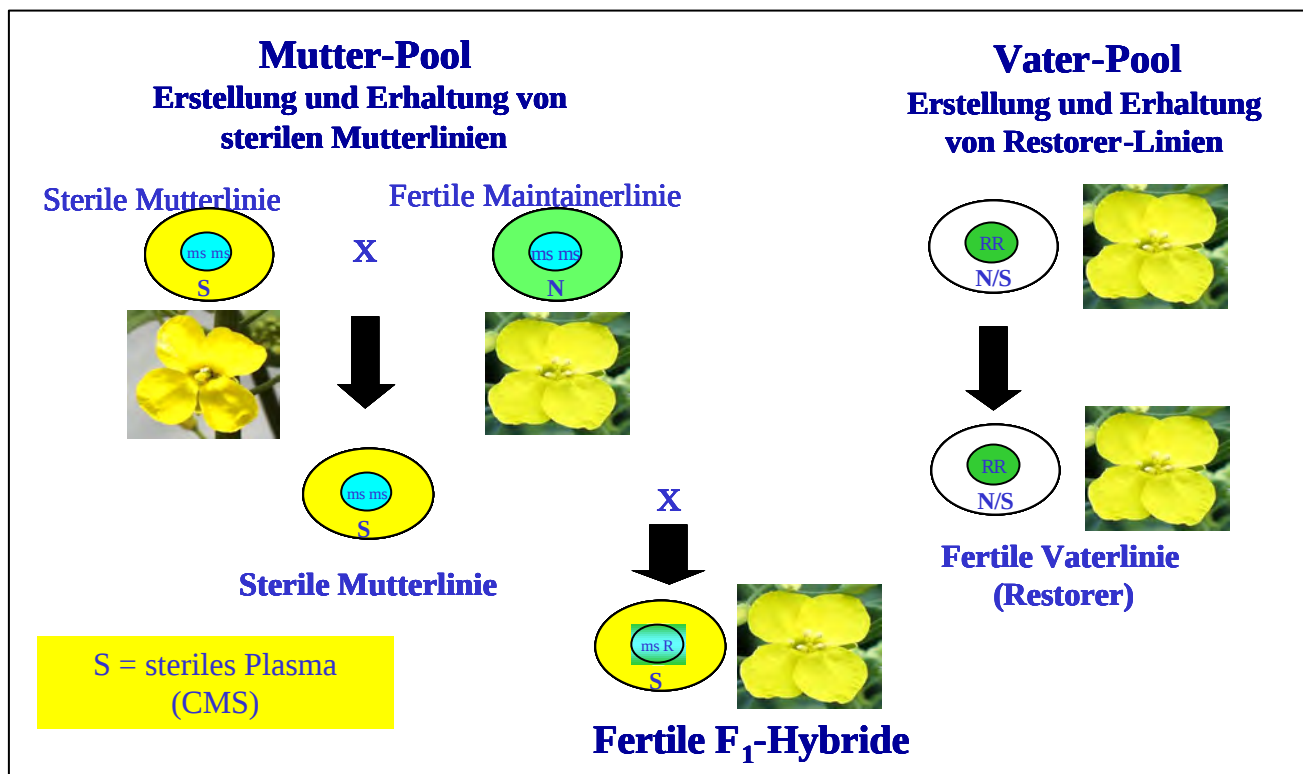


Abb. 2: Schema zur Hybridzüchtung auf der Basis cytoplasmatischer männlicher Sterilität bei Raps

Bei der Etablierung eines Hybridzuchtprogramms sind die folgenden Aspekte zu beachten:

- Für die Erzeugung von kommerziellen Hybriden bedarf es einer sicheren Methode, um eine 100prozentige Befruchtungslenkung im Zuchtgarten und bei der Saatguterzeugung zu erzielen. Seitdem die Möglichkeit besteht, verschiedene Systeme für cytoplasmatisch-kerngenisch kontrollierte männliche Sterilität (CMS) – insbes. das INRA-*ogura*-System - sowie das MSL(Männliche Sterilität Lembke)-System beim Raps einzusetzen, haben in zunehmendem Maße Hybridsorten im Rapsanbau Einzug gehalten.
- Die Identifikation und Nutzbarmachung von heterotischen Materialgruppen (*gene pools*), von denen aufgrund ihrer Herkunft anzunehmen ist, dass sie sich genetisch stark unterscheiden, ist ein erster wichtiger Schritt für eine systematische Nutzung der Heterosis. Bei Raps werden verschiedene Strategien zur Schaffung von Formenkreisen diskutiert: (1) Spreizung der genetisch divergenten Gruppen im aktuellen 00-Winterrapsassortiment, (2) Nutzung existierender Winter- und Sommerraps-Formenkreise. Eine weitere Strategie ist (3) die Entwicklung neuer Formenkreise unter Verwendung resynthetisierter Rapsformen (vgl. Lühs *et al.* 1998). Die genetische Divergenz des Zuchtmaterials kann durch eine genaue Kenntnis der Abstammung oder auch mit Hilfe molekularbiologischer Methoden (RFLPs, AFLPs, SSRs, RAPDs) geschätzt werden. Die so ermittelte genetische Distanz gibt einen ersten Hinweis auf die zu erwartende Leistung der potentiellen Hybriden (vgl. Friedt und Lühs 2000).
- Notwendig ist ferner die Ermittlung und Verbesserung der Eigenleistung der Elternlinien (Inzuchtlinien, DH-Linien) im Sinne von Ertrag und Qualität innerhalb der geschaffenen Genpools. Bei einem Vergleich der verschiedenen Raps-

Materialgruppen ist festzustellen, dass es den Resynthese-Rapsformen oftmals an der nötigen Eigenleistung fehlt, aktuelles leistungsfähiges 00-Zuchtmaterial zeichnet sich hingegen durch eine zunehmend engere Verwandtschaft aus.

- Schließlich müssen Tests auf Kombinationsfähigkeit zwischen den Pools zur optimalen Nutzung der Heterosis durchgeführt werden. Potentielle Kreuzungseltern unterscheiden sich in ihrer Kombinationsfähigkeit, d.h. in wieweit sie mit anderen Pflanzen nach Kreuzung eine Heterosis des Ertrags zeigen. Diese Eigenschaft stellt die durchschnittliche Eignung einer Linie als Kreuzungselter, ihre allgemeine Kombinationsfähigkeit (*general combining ability* GCA) dar. Darüber hinaus wird das heterotische Potential zwischen zwei bestimmten Kreuzungspartnern durch die spezifische Kombinationsfähigkeit (*specific combining ability*, SCA) ausgedrückt. Beide Merkmale sind heritabel und werden quantitativ vererbt.

Kommerzielle Winterraps-Hybridsorten zeigen im Allgemeinen eine Leistungsüberlegenheit gegenüber anderen Sortentypen, wie den herkömmlichen offen abblühenden Liniensorten (OP-Sorten) oder reinerbigen doppelhaploiden Linien (DH-Linien, die auf Mikrosporenkultur zurückgehen) (vgl. Abb. 3). Im Hinblick auf eine nachhaltige Produktion von Rapsöl liegt das Ziel daher in der Entwicklung neuer nährstoffeffizienter Genotypen, z.B. auf semi-synthetischen Elternlinien basierenden Hybriden, mit herausragendem Ertragspotenzial und guter Anpassung an „Low input“-Bedingungen, insbes. einem reduzierten Stickstoffangebot (Friedt *et al.* 2002).

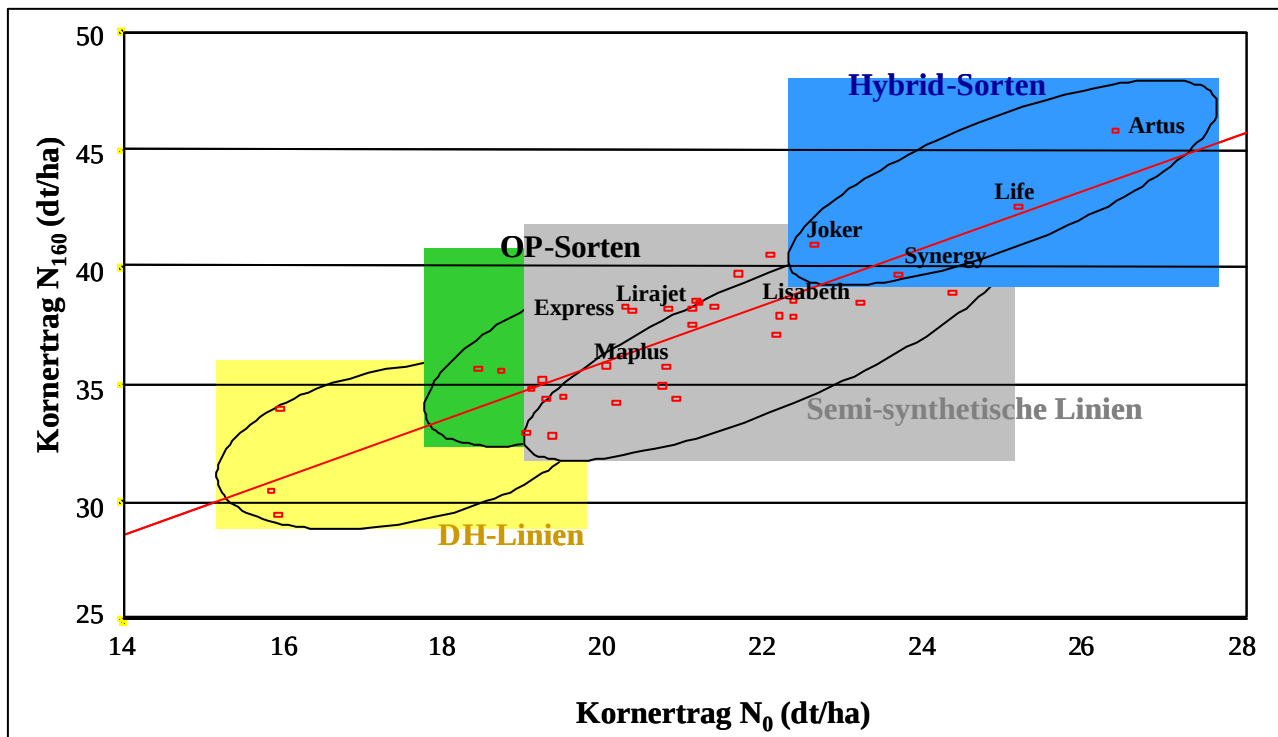


Abb. 3: Ertragspotenzial verschiedener Winterraps-Sortentypen in Abhängigkeit von der Stickstoff(N)-Versorgung (weitere Erläuterungen im Text)

Neue Produktqualitäten am Beispiel von Raps

Aufgrund intensiver züchterischer Aktivitäten, die Qualität landwirtschaftlicher Ernteprodukte zu verbessern und den Wünschen von Verbrauchern und verarbeitender Industrie gerecht zu werden, weist der Raps in der heutigen Zeit - ebenso wie andere kommerziell genutzte Ölsaaten (Sojabohne, Sonnenblume, Lein, etc.) - eine beträchtliche Variation an Öltypen auf. Diese wurden in den letzten 35 Jahren von Seiten der Pflanzenzüchtung mit Hilfe verschiedener Methoden der Schaffung neuer genetischer Variation und Selektion geschaffen (vgl. Tab. 2). Neben der Entwicklung und Sortenumstellung auf 0- bzw. 00-Rapssorten ist die weltweit große Bedeutung der "Rapssaat" von der Tatsache bestimmt, dass verschiedenste Formen (Sorten) von Sommer- und Winterraps an klimatisch unterschiedlichsten Standorten der Welt gedeihen. Ein weiterer Vorteil des Rapses gegenüber anderen Kulturarten liegt in seiner guten Eignung für biotechnologische Methoden – insbes. in seiner relativ einfachen Transformier- und Regenerierbarkeit.

Tab. 2. Beispiele extremer Fettsäure-Varianten bei Raps (*Brassica napus*)

Fettsäure	Eruca-Raps (herkömml. Raps)	0- bzw. 00-Raps (natürl. Mutation)	Niedrig-Linolen (Mutation)	Hoch-Ölsäure (Mutation / Gentechnik)	Laurin-Raps (Gentechnik)
Laurin (C12:0)	-	-	-	-	37
Myristin (C14:0)	-	-	-	-	4
Palmitin (C16:0)	3	4	4	4	3
Stearin (C18:0)	1	2	2	2	1
Ölsäure (C18:1)	11	60	61	83	33
Linol (C18:2)	12	21	28	5	12
Linolen (C18:3)	9	10	3	4	7
Eicosen (C20:1)	8	1	1	1	-
Eruca (C22:1)	52	1	-	-	-
Rest	4	1	1	1	3

Von Natur aus ist das Rapsöl reich an Erucasäure (ca. 40-55%), einem nachgefragten Rohstoff für vielfältige Anwendungsmöglichkeiten im Non food-Bereich. Im Hinblick auf die Verbesserung der Nahrungsölqualität wurden mit klassischen Züchtungsmethoden erucasäurefreie Formen (0- bzw. 00-Typen), die mit ca. 60% einen erhöhten Ölsäure(C18:1)-Gehalt aufweisen, entwickelt (vgl. Tab. 2). Die Erzeugung von linolensäurearmen (maximal 3% C18:3) oder hochölsäurehaltigen (> 80% C18:1) Rapsformen ist sowohl auf konventionellem Wege durch künstliche Mutagenese als auch gentechnisch durch Hemmung der Desaturation (Einführung zusätzlicher Doppelbindungen) in der $\Delta 12$ - bzw. $\Delta 15$ -Position erzielt worden. Am weitesten wurde die Entwicklung von gentechnisch veränderten Sorten bei "Laurin-Raps" (ca. 40-50% Laurinsäure, C12:0) vorangebracht. Dieser wurde durch genetische Transformation mit einem Thioesterase-Gen aus dem Kalifornischen Lorbeerbaum erzeugt und auch bereits kommerziell in der USA angebaut (vgl. Tab. 2).

Bedeutung transgener Nutzpflanzensorten

Die nach erfolgreicher Transformation gewonnenen Pflanzen sind nach dem Gentechnik-Gesetz (GenTG in der Neufassung vom 16.12.1993) als gentechnisch veränderte Organismen (GVO) anzusehen und werden zunächst eingehend im Hinblick auf die gewünschte Merkmalsveränderung unter isolierten Bedingungen sowohl im Labor als auch im Gewächshaus geprüft und selektiert. Danach kann im Rahmen von genehmigungspflichtigen Feldversuchen und begrenzt auf kleine Parzellen eine "Freisetzung" der GVO erfolgen, um die Merkmalsstabilität des

„Transgens“ und die agronomische Leistungsfähigkeit des neuen Pflanzenmaterials unter Freilandbedingungen zu untersuchen. Diese Versuchsanlagen dienen aber auch dazu, eine unkontrollierte Ausbreitung des betreffenden GVO in natürliche Pflanzengemeinschaften zu begrenzen, bis ein nicht-kalkulierbares Risiko durch den transgenen Pflanzen-Genotyp für „Leben und Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen sowie die sonstige Umwelt in ihrem Wirkungsgefüge“ (laut §1 GenTG) weitestgehend ausgeschlossen werden kann. Erst danach ist ein durch nationale sowie europäische Gesetze und Verordnungen geregeltes „Inverkehrbringen“ des GVO und ein Anbau im praktischen landwirtschaftlichen Betrieb möglich. Informationen über die Freisetzung von gentechnisch veränderter Organismen werden in Form von Zusammenfassungen (*Summary Notification Information Formats*, SNIFs) zwischen den zuständigen Behörden der Länder der EU über die Europäische Kommission ausgetauscht. Eine Auswertung von 1.838 SNIFs (Stand April 2002) ist in Abb. 4 gezeigt: In den Fällen, in denen ein SNIF für verschiedene GVO abgefasst ist, wird ein solches entsprechend mehrfach gezählt; liegen Eigenschaften kombiniert im GVO vor, so werden sie separat gezählt. Hierbei ist ferner zu beachten, dass Anträge in zunehmendem Maße mehrere Freisetzungsorte über einen Zeitraum von mehreren Jahren umfassen. Daher übersteigt z.B. die Zahl der beantragten Freisetzungsorte die Zahl der Anträge und liegt in der EU bei 6.298, davon 643 in Deutschland. Addiert über die Jahre 1990 bis einschließlich 2001 sind in Europa 13.620 beantragte Freisetzungsorte zu zählen, davon 1.957 in Deutschland. Die Realität sieht jedoch so aus, dass die Zahl der tatsächlich durchgeführten und erfolgreich beendeten Freisetzungsversuche, u.a. aufgrund von Zerstörungsaktionen, erheblich geringer ist (Anonymus 2002).

Unter der großen Zahl von beantragten Freisetzungsexperimenten dominiert bzgl. der Merkmale bislang mit 64% noch deutlich die Herbizidresistenz, an zweiter Stelle (20%) finden sich aber bereits transgene Nutzpflanzen mit gentechnisch veränderten Qualitätseigenschaften, wie z.B. Öl- bzw. Kohlenhydrat-Zusammensetzung, Frucht-reifung und äußere Beschaffenheit (Abb. 4).

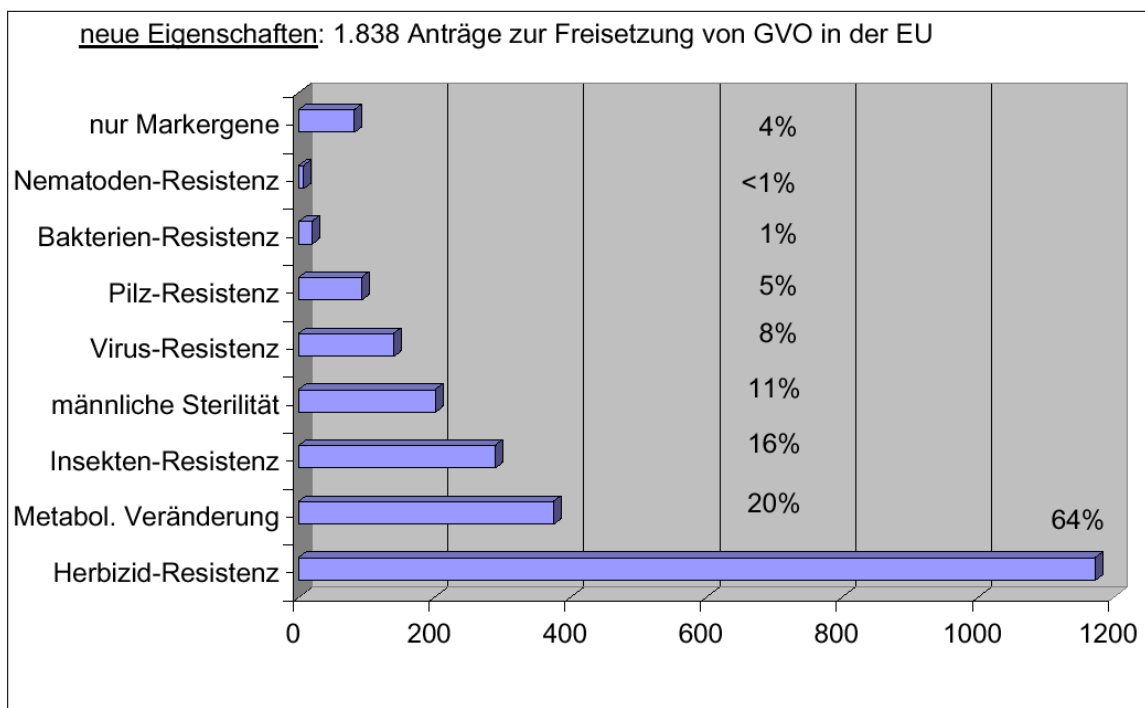


Abb. 4: Stand der Freisetzung von GVO in der EU; April 2002 (Quelle: BioSearch-BBA-Database, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig, <http://www.bba.de/gentech/gentech.htm>)

Die Zahl der in der EU zur Vermarktung genehmigten, genetisch modifizierten Nutzpflanzen ist noch vergleichsweise gering und beschränkt sich im Wesentlichen auf Zierpflanzen. Dagegen werden gentechnisch optimierte landwirtschaftliche Kultursorten weltweit bereits in großem Stile angebaut und in Verkehr gebracht (Tab. 3).

Tab. 3. Weltweiter Anbau von gentechnisch veränderter Nutzpflanzen (GVP) in 2001 (James 2001)

Nutzpflanze	Veränderte Eigenschaft	Anbaufläche (Mio. ha)	% der GVP-Anbaufläche
Sojabohne	Herbizidtoleranz	33,3	63
Mais	Insektenresistenz (Bt)	5,9	11
	Herbizidtoleranz	2,0	4
	Komb. Insektenresist./Herbizidtoleranz	1,9	4
Baumwolle	Insektenresistenz (Bt)	1,9	4
	Herbizidtoleranz	2,6	5
	Komb. Insektenresist./Herbizidtoleranz	2,3	4
Raps	Herbizidtoleranz	2,7	5
Weltweit		52,6	100

Transgene Sorten haben sich vor allem bei der Sojabohne (*Glycine max*) durchgesetzt: auf sie entfallen 46% der Weltproduktion von Sojabohnen. Bei den anderen Pflanzenarten sind die Anteile deutlich geringer: 20% bei Baumwolle (*Gossypium* spp.), 11% bei Raps (*Brassica napus*) und 7% bei Mais (*Zea mays*). Herbizidtoleranz ist mit 77% das dominierende Merkmal; 15% entfallen auf Insektenresistenz und 8% auf Kombinationen von Insektenresistenz und Herbizidtoleranz. Insgesamt 99% des Anbaus gentechnisch veränderter Nutzpflanzen entfallen auf vier Länder: USA (35,7 Mio. ha), Argentinien (11,8 Mio. ha), Kanada (3,2 Mio. ha) und China (1,5 Mio. ha.); insbes. China verzeichnete 2001 den größten prozentualen Zuwachs (James 2001). In der Tab. 3 ist der weltweite Anbau von transgenen Nutzpflanzen inkl. der veränderten Eigenschaften zusammengestellt.

Aus den Ausführungen wird deutlich, dass bio- und gentechnologische Verfahren in der landwirtschaftlichen Produktion eine immer größere Bedeutung erhalten und insbes. in der Pflanzenzüchtung bedeutende Antriebsfedern für neue zukunftsweisende Innovationen darstellen. Die Erweiterung der verfügbaren Züchtungsmethoden durch die Gentechnik erlaubt es, Pflanzen schneller und gezielter zu optimieren. Für die Landwirte ergeben sich daraus neue Perspektiven in bezug auf die Ertrags- und Qualitätssicherung. Mit den weltweit zur Verfügung stehenden, gentechnisch veränderten Nutzpflanzensorten eröffnen sich neue Möglichkeiten, die den Landwirten, den Konsumenten, der Industrie und nicht zuletzt auch der Umwelt zugute kommen. Dabei ist jedoch nicht zu übersehen, dass seitens der Verbraucher und Landwirte aufgrund von Verunsicherung auch grundsätzliche Akzeptanzprobleme gegenüber gentechnisch modifizierten Pflanzen und daraus gewonnenen Produkten bestehen. In Deutschland ist es bisher noch nicht gelungen, der Öffentlichkeit klarzumachen, dass beispielsweise mit dem Anbau herbizidresistenter Pflanzen in der Tat nicht weniger sondern mehr Umweltschutz realisierbar ist.

Fazit - Ackerbau, Biodiversität und Pflanzenzüchtung

Die im Laufe der vergangenen Jahrzehnte realisierten, enormen Leistungssteigerungen bei den wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen wären ohne eine intensive Nutzung der pflanzengenetischen Ressourcen (PGR), aber auch neu geschaffene Biodiversität in Form verbesserter Sorten, nicht denkbar gewesen. Zahlreiche eindrucksvolle Beispiele bei allen Pflanzenarten - inkl. Weizen, Gerste, Mais, Raps, Kartoffel und Zuckerrübe - belegen, welche gravierenden Verbesserungen gerade der Resistenzeigenschaften und der Anpassung an widrige Bedingungen mittlerweile durch die gezielte und systematische Nutzung von PGR aus den Genbanken erzielt werden konnten. Dabei waren die konventionellen Mittel für eine Erweiterung der Genpools unserer Kulturpflanzen und die daraus resultierenden züchterischen Nutzungsmöglichkeiten bisher begrenzt durch die Möglichkeiten der sexuellen Rekombination der Kulturformen mit genetischem Material der betreffenden primären, sekundären und tertiären Genpools.

Durch die Gentechnik sind diese Grenzen der sexuellen Kombinationsmöglichkeiten nunmehr aufgehoben. Dabei ist besonders hervorzuheben, dass die Gentechnik die Möglichkeit eröffnet bisher nicht genutzte Gene aus dem sekundären und tertiären Genpool in Kulturpflanzen gezielt einzulagern, ohne dabei die gesamten Genome zusammenzuführen. Langfristige Rückkreuzungsprogramme werden dadurch überflüssig, denn es wird allein das(die) gewünschte(n) Gen(e) einem Selektionsdruck in der Kulturform ausgesetzt - und nicht wie bei herkömmlichen Kreuzungen auch die anderen, zufällig übertragenen Erbanlagen. Darüber hinaus kann der Genpool aber auf isolierte Gene jeder beliebigen Spezies erweitert werden, wie in den Fällen der Übertragung von Virus- oder Insektenresistenz belegt. Nach einmal erfolgter Einlagerung neuer Gene in den primären Genpool einer Kulturart stehen sie für eine Nutzung in Form konventioneller Züchtungsmethoden über sexuelle Kreuzungen und genetische Rekombination zur Verfügung.

Aufgrund der gezielteren Vorgehensmöglichkeit bei der Gentechnik und der Nutzung isolierter Gene aus Viren, Pilzen, Bakterien, Tieren oder Pflanzen, die nicht zum Genpool der jeweiligen Kulturart gehören, könnte eventuell damit gerechnet werden, dass die Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen abnehme. Andererseits darf aber mit gutem Grund erwartet werden, dass gerade durch die gezielte Übertragung isolierter Gene - z.B. aus wilden und primitiven Verwandten der Kulturpflanzenarten - der Nutzung von PGR künftig noch eine stärkere Bedeutung zukommen wird als bisher. Bei allem darf letztendlich nicht vergessen werden, dass die Gentechnik lediglich nur eine neue Technik unter vielen speziellen Methoden im Gesamtkontext des pflanzenzüchterischen Instrumentariums darstellt. Sie erlaubt es jedoch durch eine viel weitergreifende Nutzungsmöglichkeit genetischer Ressourcen die genetische Variation unserer Kulturpflanzen weit über das bisher mögliche Maß hinaus zu erweitern und eröffnet somit der Pflanzenzüchtung in der Verwirklichung sowohl von traditionellen als auch von neuen Zuchtzielen ganz neue Perspektiven.

Dabei darf nicht übersehen werden, dass die für den Betrachter sichtbare (phänotypische) Variation nicht unbedingt ein Gradmesser für das Maß der genetischen Variation ist - und erst recht kein verlässlicher Indikator der Variabilität, d.h. der Fähigkeit zur Schaffung neuer Variation. Moderne Hochleistungssorten beinhalten eine Fülle von positiv wirkenden Genen in konzentrierter Form und dürften in dieser Hinsicht den gesamten Genpool der jeweiligen Kulturpflanzenart repräsentieren. Es kommt daher darauf an, die in Form der zahlreich verfügbaren, anpassungs- und leistungsfähigen Varietäten vorhandenen Genotypen künftig in der gesamten Breite in Verbindung mit gentechnischen Ansätzen für den landwirtschaftlichen Anbau (Fruchtwechsel, Sortenwahl) zu nutzen. Auf diese Weise wird der Formenreichtum erhalten und es werden potentielle Risiken in Form

extremer biotischer (Krankheiten, Schädlinge) oder abiotischer (Klima, Wetter) Stressbedingungen vermieden oder wenigstens verringert.

Literatur

- Anonymus, 2002: BioSearch-BBA-Database: Das Informationssystem zur Gentechnik. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig ().
- Bothmer, R., von, 1996: Conservation and use of wild relatives of barley. In: G. Scoles and B. Rossnagel (Eds.), Proc. V. Intern. Oat Conf. & VII. Intern. Barley Genetics Symp. Inv. Papers, Saskatoon, Canada, University Extension Press, Saskatoon, Saskatchewan, pp 120-127.
- Friedt, W. und W. Lühs, 1996: Die Zukunft der transgenen Pflanzen für europäische Entwicklungen. In: H. Eierdanz (Hrsg.): Perspektiven nachwachsender Rohstoffe in der Chemie. 4. Symp. "Nachwachsende Rohstoffe", 27.-28. Sept. 1995, Düsseldorf. VCH Verlagsges., Weinheim, pp. 11-20.
- Friedt, W. und W. Lühs, 1999: Perspektiven molekularer Pflanzenzüchtung - Züchterische Optimierung von Ölpflanzen. Biologie in unserer Zeit 29, 142-150.
- Friedt, W. und W. Lühs, 2000: Rapszüchtung für das 21. Jahrhundert: Herausforderungen, Ziele und Perspektiven. 5. Thüringer Rapstag, 15.06.2000, Stadtroda. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TTL), Jena, pp. 1-16.
- Friedt, W., W. Lühs, M. Müller, and F. Ordon, 2002: Utility of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars and new breeding lines for cow-input cropping systems. German J. Agron. (im Druck).
- Graner, A., W. Michalek, and S. Streng, 2000: Molecular mapping of genes conferring resistance to viral and fungal pathogens. In: S. Logue (Ed.), Proc. VIII. Intern. Barley Genetics Symp., Adelaide, Australia, Vol. I, pp. 45-52.
- James, C., 2001: Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2001. ISAAA Briefs No. 24, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), Ithaca, NY, USA.
- Lühs, W. und W. Friedt, 1999: Entwicklung von neuartigem Ausgangsmaterial für die Züchtung von Raps (*Brassica napus* L.) durch experimentelle Resynthese. Votr. Pflanzenzüchtg. 45, 43-61.
- Lühs, W., A. Voss, F. Seyis und W. Friedt, 1998: Erweiterung der genetischen Variabilität in der Rapszüchtung durch Resynthese. In: Ber. 49. Arbeitstagg., Arbeitsgemein. Saatzuchtleiter, Vereinig. österr. Pflanzenzüchter, Gumpenstein, pp. 59-65.
- Lühs, W., F. Seyis, R. Snowdon, R. Baetzel, and W. Friedt, 2002: Genetic improvement of *Brassica napus* by wide hybridisation. GCIRC Bull. 18 (im Druck).
- Ordon, F. und W. Friedt, 2000: Erfassung und Nutzung der Biodiversität bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen unter besonderer Berücksichtigung molekularer Markertechniken. German J. Agron. 4, 83-90.
- Ordon F., A. Schiemann, and W. Friedt, 1997: Assessment of the genetic relatedness of barley accessions resistant to soil-borne mosaic inducing viruses (BaMMV, BaYMV, BaYMV-2) using RAPDs. Theor Appl. Genet. 94, 325-330.

Diversität der Bodenfauna in Agrarökosystemen und angrenzenden Biotopen

Ekschmitt, Klemens (Gießen)

Die hohe biologische Vielfalt von Bodentieren an naturnahen Standorten wird in Ackerböden durch die Vereinheitlichung der Bodenbedingungen und durch die Bewirtschaftungsmaßnahmen in weitgehend bekannter Weise reduziert. Ausgehend von einer kurzen Darstellung der typischen Tierbesiedlung von Ackerböden wird im Vortrag anhand neuerer Forschungsergebnisse dargelegt, in welchem Maße bodenökologische Leistungen wie Stickstoff-Freisetzung, Kohlenstoff-Stabilisierung und Schädlings-Begrenzung mit der Diversität der Bodentiere verbunden sind. Hier zeigt sich, dass eine differenzierte Beurteilung notwendig ist, und dass sich günstige und ungünstige Bedingungen für die Wirksamkeit der Tierdiversität durchaus systematisch auseinander halten lassen. Insgesamt zielt der Vortrag darauf ab, die Abwägung zwischen stark kontrollierter technischer Steuerung und schwächer kontrollierter natürlicher Steuerung von biologischen Prozessen in Agrarsystemen nach rationalen Gesichtspunkten durchzuführen.

Mikrobielle Diversität in Bodenstandorten

Liesack, Werner (Marburg)¹

Ein umfassender Erkenntnisgewinn hinsichtlich der organismischen Diversität von Mikroorganismen in Böden und anderen Umwelten wurde erst mit der Entwicklung kultivierungsunabhängiger, molekularer Techniken möglich. Renaturierungskinetiken extrahierter Umwelt-DNA zeigten, daß in einem Gramm untersuchten Waldboden 4.000 bis 7.000 unterschiedlich große mikrobielle Genome vorhanden sind (46). Dies korrespondiert zu ca. 13.000 verschiedenen mikrobiellen Species (47). Die Populationsgrößen der einzelnen Species variieren dabei von wenigen bis zu 10^9 Zellen pro Gramm Boden. Häufig sind nur 1% oder weniger dieser in einer Bodenprobe vorhandenen Zellen mittels Standardtechniken kultivierbar (2, 10). Letzteres gilt für andere Habitate, z.B. marine Systeme, in gleicher Weise (1).

Phylogenetische Diversität

Die 16S rRNA erlaubt aufgrund der sehr unterschiedlichen Evolutionsrate der einzelnen Nukleotidpositionen eine Ableitung natürlicher Verwandtschaften über ein sehr weites phylogenetisches Spektrum. Die vergleichende Sequenzierung von 16S rRNA hat zur Formulierung der drei Domänen des Lebens, d.h. der Bacteria, Archaea und Eukarya, geführt (34, 51).

Kultivierungsunabhängige Analysen zur mikrobiellen Diversität gliedern sich methodisch in die folgenden Schritte:

1. Extraktion der gesamten DNA oder RNA aus der untersuchten Umwelt
2. PCR-Amplifikation der 16S rRNA-Genfraktion (bzw. RT-PCR der 16S rRNA-Fraktion) mittels Primersystemen, die weitgehend universell für Mitglieder der Bacteria und/oder Archaea sind
3. Klonierung des (RT-)PCR-Produktes
4. Sequenzierung und phylogenetische Analyse klonierter 16S rRNA-Gene (16S rDNA)

Dieser methodenbedingt qualitative Ansatz erlaubt eine molekulare Inventarisierung der Species-Vielfalt einer Umweltprobe oder präziser eine Analyse der Anzahl an unterschiedlichen 16S rRNA-Gensequenzen (26). Basierend auf den Kriterien zur bakteriellen Species-Definition korrelieren dabei 16S rDNA-Umweltsequenzen mit weniger als 97,5% Sequenzidentität zu definitiv unterschiedlichen Species (43).

Bacteria

Die Gesamtheit aller während des letzten Jahrzehnts durchgeführten Umweltanalysen haben unsere konzeptionelle Vorstellung hinsichtlich der phylogenetischen Diversität von Prokaryonten grundlegend verändert. So führten diese Untersuchungen für die Domäne Bacteria zu einer Verdreifachung der bekannten Hauptentwicklungslinien (= Divisionen). Nur für 23 dieser ca. 40 molekular identifizierten bakteriellen Divisionen konnten bisher Organismen in Reinkultur isoliert werden (17). In landwirtschaftlich genutzten Böden wurden durch Kultivierung

¹ eMail: liesack@mail.uni-marburg.de

und/oder molekulare Analysen vor allem Mitglieder der folgenden bakteriellen Hauptentwicklungslinien nachgewiesen (26):

Acidobacterium/Holophaga-Gruppe, Proteobacteria, Grampositive mit niedrigem mol%

G+C-Gehalt (z.B. *Clostridium* spp., *Bacillus* spp.), Actinobacteria (Grampositive mit hohem

mol% G+C-Gehalt), *Cytophaga/Flavobacterium/Bacteroides* (CFB)-Gruppe, *Nitrospira*, Planctomycetales und Verrucomicrobia (Abb. 1).

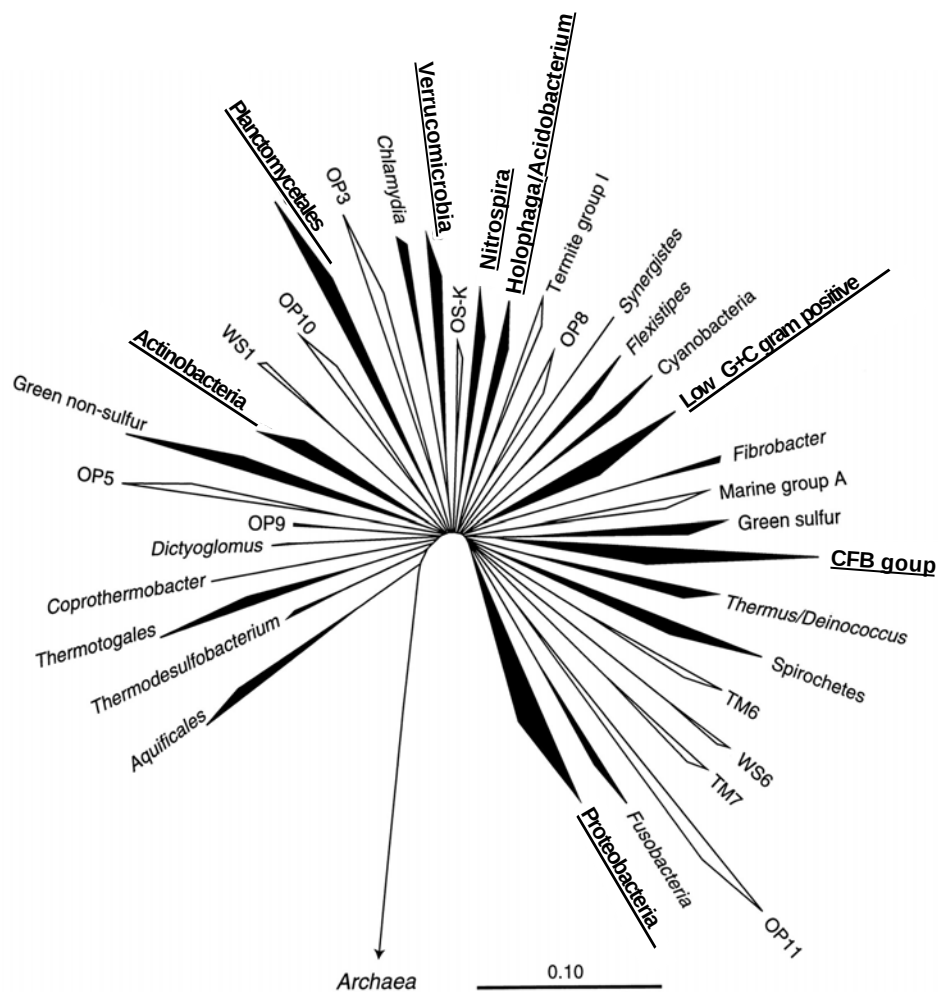


Abbildung 1:

Stammbaum, welcher die bisher molekular identifizierten Hauptentwicklungslinien innerhalb der Domäne Bacteria zeigt. Entwicklungslinien mit kultivierten Vertretern sind schwarz unterlegt. Hingegen sind Entwicklungslinien, welche bisher ausschließlich durch Umweltsequenzen repräsentiert sind, durch weißen Hintergrund angezeigt. Durch Fettdruck sind die Bezeichnungen solcher Entwicklungslinien hervorgehoben, welche in Böden wiederholt in molekularen Umweltanalysen nachgewiesen worden sind. Der Entfernungsmaßstab entspricht 0,1 Substitutionen pro Nukleotidposition (modifiziert nach Hugenholtz et al. [17]).

Besonders erwähnt sei die *Holophaga/Acidobacterium*-Gruppe, dessen Mitglieder in verschiedenen Bodentypen geographisch unterschiedlichster Regionen

nachgewiesen worden sind (3, 9, 12, 26, 28, 42) (Abb. 2). Diese Organismengruppe ist bisher nur durch drei beschriebene Species repräsentiert: *Acidobacterium capsulatum* (21), *Holophaga foetida* (25) und *Geothrix fermentans* (8). Basierend auf den drei Reinkulturen und den vorhandenen Umweltsequenzen konnten innerhalb dieser Division bis zu acht Entwicklungslinien identifiziert werden, welche sich auf Subdivisionsniveau unterscheiden. Die drei kultivierten Vertreter weisen auf eine metabolisch vielseitige Organismengruppe hin. *A. capsulatum* ist ein moderat acidophiles, aerob wachsendes heterotrophes Bakterium, während *H. foetida* und *G. fermentans* strikte Anaerobier sind, welche aromatische Verbindungen bzw. Citrat/Fumarat fermentieren. *G. fermentans* ist zudem auch zum Wachstum mittels dissimilatorischer Fe(III)-Reduktion fähig. Diese metabolische Vielseitigkeit sowie der wiederholte Nachweis der *Holophaga/Acidobacterium*-Gruppe in Umweltanalysen läßt erwarten, daß Mitglieder dieser Division eine abundante und aktive mikrobielle Komponente vieler Boden-Ökosysteme darstellen.

In einigen Studien wurde versucht, die Abundanz und Aktivität bestimmter Organismengruppen oder allgemein phylogenetische Diversitätsmuster mit physikalisch-chemischen Bodenparametern zu korrelieren. Lüdemann et al. (30) untersuchten zum Beispiel in gefluteten Kernen undurchwurzelter Reisfeldbodens Veränderungen in der Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft entlang einem vertikalen Sauerstoffgradienten. Letzterer erniedrigte sich von einer Konzentration von 140 μM O_2 an der Grenzfläche Flutwasser/Reisfeldboden hin zu nicht mehr nachweisbaren Konzentrationen in einer Tiefe von 2 mm und unterhalb davon. Molekulare Analysen zeigten, daß der oxische Bereich vor allem durch strikt aerobe oder fakultative Mitglieder der α - und β -Subklasse der Proteobacteria bzw. von Mitgliedern der CFB-Gruppe besiedelt war, während in der anoxischen Zone verschiedene Mitglieder der Gattungen *Clostridium* und *Bacillus* dominierten.

Buckley und Schmidt (7) untersuchten den relativen rRNA-Gehalt von Mitgliedern der Division Verrucomicrobia in landwirtschaftlich genutzten Böden in Abhängigkeit von folgenden Umweltparametern: Zusammensetzung der Pflanzengemeinschaft, Bodenhistorie, Bodentiefe und Feuchtigkeitsgehalt. Für diese quantitativen Analysen wurden die Gesamt-rRNA-Extrakte der einzelnen Bodenproben auf einer Nylonmembran fixiert und mit taxonspezifischen Oligonukleotidsonden hybridisiert (sog. quantitative "Dot-Blot-Hybridisierung"). Unter Anwendung einer Verrucomicrobia-spezifischen Sonde wurden über einen Zeitraum von 2 Jahren Umwelt-rRNA-Extrakte von insgesamt 85 Bodenproben untersucht. Der durchschnittliche relative Anteil der Verrucomicrobia-rRNA an der gesamt-extrahierten Umwelt-rRNA lag in den Bodenproben bei $1,9 \pm 0,2\%$. Die erzielten Daten führten zu der Schlußfolgerung, daß die Abundanz und Aktivität von Mitgliedern der Verrucomicrobia durch Umweltparameter beeinflusst wurden, welche sich in Relation zur Zeit, Bodenhistorie und Bodentiefe veränderten. Insbesondere wurde ein statistisch signifikanter Anteil der Variation im relativen Gehalt an Verrucomicrobia-rRNA Veränderungen im Feuchtigkeitsgehalt zugeordnet.

Archaea

Die Domäne Archaea spaltet sich in die beiden Königreiche Euryarchaeota und Crenarchaeota auf. Basierend auf den kultivierten Vertretern war für die Crenarchaeota lange Zeit angenommen worden, daß es sich um eine phylogenetisch und phänotypisch homogene Gruppe handelt, dessen Mitglieder alle extrem thermophil sind (z.B. *Sulfolobus solfataricus*, *Pyrodictium occultum*, *Thermoproteus tenax*) (34, 51).

Kultivierungsunabhängige Analysen zeigten jedoch, daß Mitglieder der Crenarchaeota in moderat temperierten und kalten Umwelten, einschließlich Frischwasser-Sedimenten, marinen Systemen (20) und Böden, weit verbreitet sind. Diese nicht-thermophilen und bisher nicht-kultivierten Crenarchaeota sind eine phylogenetisch diverse Gruppe.

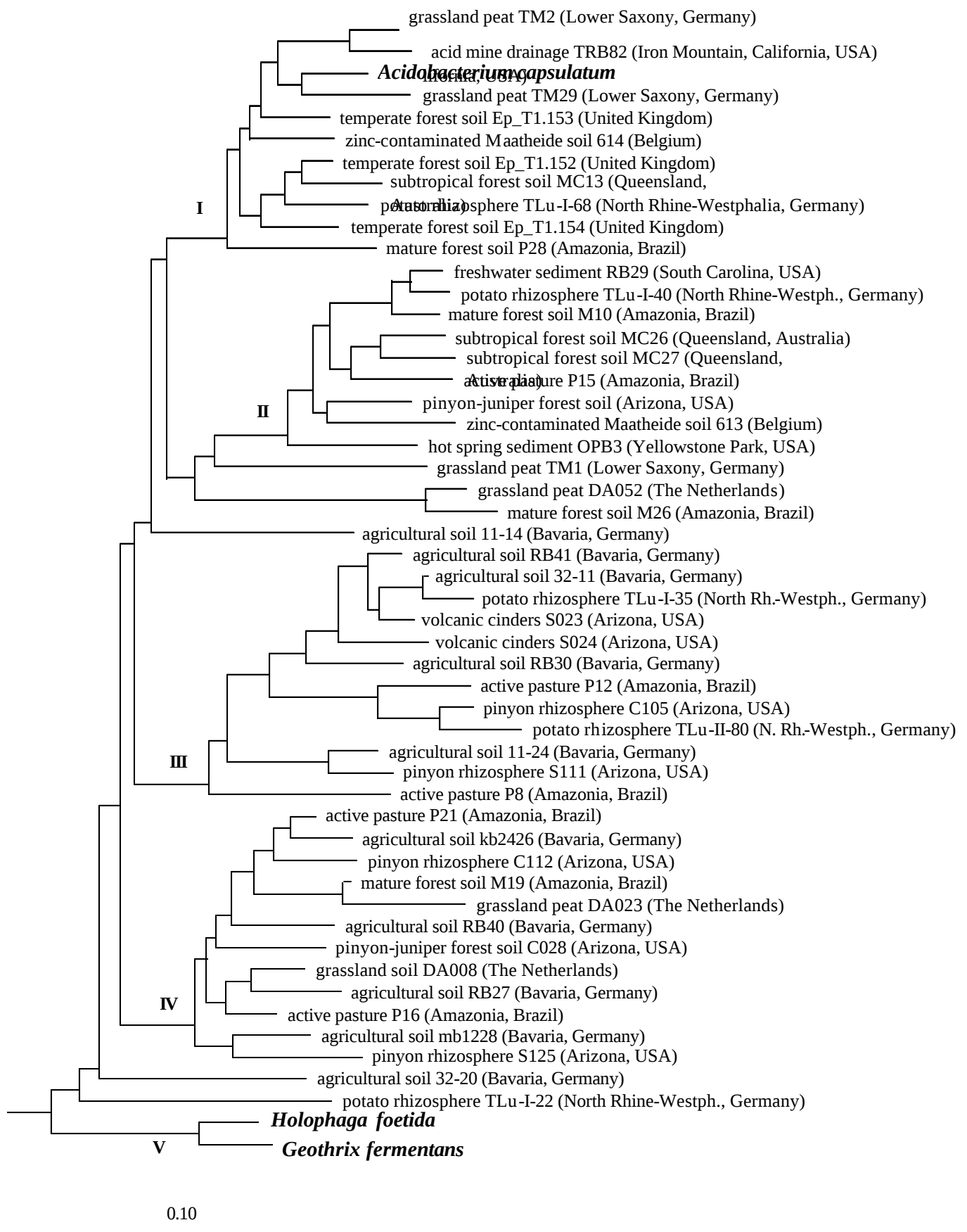


Abbildung 2:

Stammbaum, welcher die phylogenetische Diversität innerhalb der *Holophaga/Acidobacterium*-Gruppe wiedergibt. Die drei kultivierten Organismen sind in Fettdruck hervorgehoben. Für jede der 16S rDNA-Umweltsequenzen sind neben der Klonbezeichnung, das Bodenhabitat und die geographische Region, aus welchem bzw. von welcher die Sequenz erzielt wurde, angegeben.

Entwicklungslinien auf Subdivisionsniveau, welche mit "Bootstrap"-Werten $\geq 90\%$ bestätigt wurden, sind durch römische Ziffern (I bis V) angezeigt. Die 16S rDNA-Sequenz von *Escherichia coli* wurde als Außengruppe mit verrechnet. Der Entfernungsmaßstab entspricht 0,1 Substitutionen pro Nukleotidposition.

In Bodenstandorten wurden zwei phylogenetisch distinkte Untergruppen identifiziert, das sogenannte *FFSB Cluster* und das *Terrestrial Cluster*. Während das *FFSB Cluster* bisher ausschließlich in arktischen Waldböden im nördlichen Finnland (6, 19) detektiert worden ist, wurden Mitglieder des *Terrestrial Cluster* in landwirtschaftlich genutzten Böden in Deutschland (40) und der USA [Michigan (6), Wisconsin (41)] sowie in Waldböden Brasiliens (Amazonien) (4) nachgewiesen. Umweltsequenzen aus marinen Systemen bilden eine vom *FFSB Cluster* und dem *Terrestrial Cluster* separate Entwicklungslinie. Der relative rRNA-Anteil nicht-thermophiler Crenarchaeota an der insgesamt aus den untersuchten Bodenproben extrahierbaren rRNA-Fraktion wurde mittels quantitativer "Dot-Blot-Hybridisierung" für die landwirtschaftlich genutzten Böden in Michigan und Wisconsin bestimmt. Diese Analysen zeigten, daß die nicht-thermophilen Crenarchaeota mit einem durchschnittlichen relativen rRNA-Anteil von $1,42 \pm 0,42\%$ zu den numerisch bedeutenden Organismengruppen gehörten. Taxonspezifische Sonden in Kombination mit Fluoreszenz-*in-situ*-Hybridisierung erlaubten ferner eine unerwartet große Anzahl nicht-thermophiler Crenarchaeota an Wurzeln unterschiedlich alter Tomatenpflanzen nachzuweisen und somit zu zeigen, daß Pflanzenwurzeln von dieser Organismengruppe besiedelt werden (41).

Funktionelle Diversität

Die vergleichende Sequenzierung des 16S rRNA-Gens hat unsere Vorstellungen über das wahre Ausmaß der in Böden und anderen Umwelten existierenden phylogenetischen Diversität entscheidend beeinflußt. Jedoch ist die Ableitung eines definierten Phänotyps oder einer ökologischen Rolle basierend auf der phylogenetischen Position einer 16S rDNA-Umweltsequenz kaum möglich. Letzteres wird mittels PCR-Assays möglich, welche kultivierungsunabhängige Analysen zur Diversität funktionell definierter, biogeochemisch relevanter Organismengruppen erlauben, so z.B. methanogener Archaea, Methyлотropher, Methan-oxidierender Bakterien, autotropher Nitrifizierer, Denitrifizierer und N_2 -fixierender Mikroorganismen. Diese PCR-Assays detektieren Genabschnitte, welche für Schlüsselenzyme der untersuchten Organismengruppe kodieren (Tabelle 1).

Tabelle 1: Genmarker zur Analyse funktioneller mikrobieller Diversität

Gen	Enzym	Zielgruppe	Referenzen
<i>mcrA</i> , <i>mrtA</i>	Methyl-Coenzym M Reduktase	Methanogene	29, 43
<i>pmoA</i>	partikuläre Methan-Monooxygenase	Methan-Oxidierer	11, 14, 15, 16
<i>mmoX</i>	lösliche Methan-Monooxygenase	Methan-Oxidierer	16, 31
<i>mxrA</i>	Methanol-Dehydrogenase	Methylotrophe	11, 16, 31
<i>amoA</i>	Ammoniak-Monooxygenase	Ammoniak-Oxidierer	18, 23, 24, 38, 45, 50
<i>nirK</i> , <i>nirS</i>	Nitrit-Reduktase	Denitrifizierer	5, 37
<i>narG</i>	Nitrat-Reduktase	Denitrifizierer	13
<i>nifH</i>	Dinitrogenase-Reduktase	Stickstoff-Fixierer	27, 36, 48
<i>dsrA</i> , <i>dsrB</i>	dissimilatorische Sulfit-Reduktase	Sulfat-Reduzierer	22, 33, 49

Insbesondere das *amoA*-Gen wurde bisher in einer Reihe von Umweltanalysen genutzt, um in verschiedenen Bodenstandorten, einschließlich landwirtschaftlich genutzter Böden (18), Grasland (23, 50) und Waldböden (24), die molekulare Diversität von autotrophen Ammoniak-Oxidierern der *Nitrosomonas/Nitrosospira*-Gruppe zu untersuchen. Diese Studien wurden dabei zumeist in Kombination mit einem für die *Nitrosomonas/Nitrosospira*-Gruppe spezifischen, auf dem 16S rRNA-Gen basierenden PCR-Nachweissystem durchgeführt. Spezifische Veränderungen in der molekular nachweisbaren Diversität dieser Organismengruppe wurden in Abhängigkeit von definierten Umweltparametern beobachtet. So führten Untersuchungen von Webster et al. (50) zu der Schlußfolgerung, daß in Böden mit einer langen Historie der Zugabe von Stickstoffdünger die molekular nachweisbare Diversität an autotrophen Nitrifizierern geringer ist als in Böden ohne Düngerzugabe. Böden ohne Düngerzugabe wurden von Mitgliedern der *Nitrosospira*-Untergruppen 1 und 3 sowie der *Nitrosomonas*-Untergruppe 7 dominiert, während in Böden mit Düngerzugabe zwar Organismen der *Nitrosospira*-Untergruppe 3 und der *Nitrosomonas*-Untergruppe 7 nachweisbar waren, aber keine der *Nitrosospira*-Untergruppe 1. Die Anwendung verschiedener Bewässerungs- und Düngestrategien (35) wie auch die Zugabe toxischer Schwermetalle (45) führte ebenfalls zu spezifischen Veränderungen in der molekular nachweisbaren Diversität der *Nitrosomonas/Nitrosospira*-Gruppe.

Interessante Ergebnisse wurden ebenfalls mit dem Homologen der *amoA*, dem *pmoA*-Gen, erzielt. So führten *pmoA*-basierende Umweltanalysen zum Nachweis einer bisher nicht-charakterisierten Gruppe an Methan-oxidierenden Bakterien. Diese Organismengruppe wurde vor allem in Waldböden nachgewiesen, welche als Senke für atmosphärisches Methan fungieren (14, 15).

Abschließend sei erwähnt, daß "Microarrays" zur schnellen und hochparallelen Umweltanalyse funktioneller mikrobieller Diversität in der Entwicklung begriffen sind. So berichtete Wu et al. (52) über einen ersten Prototyp, welcher auf den Genmarkern *nirS*, *nirK*, *amoA* und *pmoA* basiert. Dieser soll eine funktionelle Umweltanalyse

solcher Mikroorganismen ermöglichen, welche in den Stickstoff-Kreislauf involviert sind oder Methan zu oxidieren vermögen. Derartige "Microarrays" mögen in Zukunft ein wichtiges molekulares Werkzeug darstellen, um bei hohem Probendurchsatz und hoher Reproduzierbarkeit die funktionelle Antwort mikrobieller Gemeinschaften auf sich verändernde Umweltparameter zu analysieren.

Literatur:

1. R. Amann, W. Ludwig and K.-H. Schleifer, *Microbiol. Rev.* **59**:143-169 (1995).
2. L.R. Bakken and R.A. Olsen, *Microb. Ecol.* **13**: 103-114 (1987).
3. S.M. Barns, S.L. Takala and C.R. Kuske, *Appl. Environ. Microbiol.* **65**: 1731-1737 (1999).
4. J. Borneman and E.W. Triplett, *Appl. Environ. Microbiol.* **63**: 2647-2653 (1997).
5. G. Braker, A. Fesefeldt and K.-P. Witzel, *Appl. Environ. Microbiol.* **64**: 3769-3775 (1998).
6. D.H. Buckley, J.R. Graber and T.M. Schmidt, *Appl. Environ. Microbiol.* **64**: 4333-4339 (1998).
7. D.H. Buckley and T.M. Schmidt, *FEMS Microbiol. Ecol.* **35**: 105-112 (2001).
8. J.D. Coates, D.J. Ellis, C.V. Gaw and D.R. Lovley, *Int. J. Syst. Bacteriol.* **49**: 1615-1622 (1999).
9. A. Felske et al., *Appl. Environ. Microbiol.* **66**: 3998-4003 (2000).
10. R.L. Ferguson, E.N. Buckley and A.V. Palumbo, *Appl. Environ. Microbiol.* **47**: 49-55 (1984).
11. A. Fjellbirkeland, V. Torsvik and L. Ovreas, *Antonie van Leeuwenhoek* **79**: 209-217 (2001).
12. M.A. Furlong, D.R. Singleton, D.C. Coleman and W.B. Whitman, *Appl. Environ. Microbiol.* **68**: 1265-1279 (2002).
13. L.G. Gregory, A. Karakas-Sen, D.J. Richardson and S. Spiro, *FEMS Microbiol. Lett.* **183**: 275-279 (2000).
14. T. Henckel, U. Jäckel, S. Schnell and R. Conrad, *Appl. Environ. Microbiol.* **66**: 1801-1808 (2000).
15. A.J. Holmes et al., *Appl. Environ. Microbiol.* **65**: 3312-3318 (1999).
16. H.-P. Horz, M.T. Yimga and W. Liesack, *Appl. Environ. Microbiol.*, **67**: 4177-4185 (2001).
17. P. Hugenholtz, B.M. Göbel and N.R. Pace, *J. Bacteriol.* **180**: 4765-4774 (1998).
18. A.M. Ibekwe et al., *FEMS Microbiol. Ecol.* **39**: 183-191 (2002).
19. G. Jurgens and A. Saano, *FEMS Microbiol. Ecol.* **29**: 205-213 (1999).
20. M.B. Karner, E.F. DeLong and D.M. Karl, *Nature* **409**: 507-510 (2001).
21. N. Kishimoto, Y. Kosako and T. Tano, *Curr. Microbiol.* **22**: 1-8 (1991).
22. M. Klein et al., *J. Bacteriol.* **183**: 6028-6035 (2001).
23. G.A. Kowalchuk et al., *Environ. Microbiol.* **2**: 99-110 (2000).
24. A.M. Laverman et al., *Microb. Ecol.* **42**: 35-45 (2001).
25. W. Liesack, F. Bak, J.-U. Kreft and E. Stackebrandt, *Arch. Microbiol.* **162**: 85-90 (1994).
26. W. Liesack and P.F. Dunfield, in *The Encyclopedia of Environmental Microbiology*, G. Bitton, ed., Wiley Chichester, New York, 2002, pp. 528-544.
27. C.R. Lovell et al., *Appl. Environ. Microbiol.* **66**: 3814-3822 (2000).
28. W. Ludwig et al., *FEMS Microbiol. Lett.* **153**: 181-190 (1997).
29. T. Lueders, K.-J. Chin, R. Conrad and M. Friedrich, *Environ. Microbiol.* **3**: 194-204, 2001.

-
30. H. Lüdemann, I. Arth and W. Liesack, *Appl. Environ. Microbiol.* **66**: 754-762 (2000).
 31. I.R. McDonald, E.M. Kenna and J. C. Murrell. *Appl. Environ. Microbiol.* **61**:116-121 (1995).
 32. I.R. McDonald and J.C. Murrell, *Appl. Environ. Microbiol.* **63**: 3218-3224 (1997).
 33. D. Minz et al., *Appl. Environ. Microbiol.* **65**: 4666-4671 (1999).
 34. G.J. Olsen and C.R. Woese, *The FASEB Journal* **7**: 113-123 (1993).
 35. T. Oved et al., *Appl. Environ. Microbiol.* **67**: 3426-3433 (2001).
 36. F. Poly et al., *Appl. Environ. Microbiol.* **67**: 2255-2262 (2001).
 37. A. Priemé, G. Braker and J.M. Tiedje, *Appl. Environ. Microbiol.* **68**: 1893-1900 (2001).
 38. U. Purkhold et al., *Appl. Environ. Microbiol.* **66**: 5368-5382 (2000).
 39. J.-H. Rotthauwe, K.-P. Witzel and W. Liesack, *Appl. Environ. Microbiol.* **63**: 4704-4712 (1997).
 40. R.-A. Sandaa, Ø. Enger and V. Torsvik, *Appl. Environ. Microbiol.* **65**: 3293-3297 (1999).
 41. H.M. Simon, J.A. Dodsworth and R.M. Goodman, *Environ. Microbiol.* **2**: 495-505 (2000).
 42. E. Smit et al., *Appl. Environ. Microbiol.* **67**: 2284-2291 (2001).
 43. E. Springer, M.S. Sachs, C.R. Woese and D.R. Boone, *Int. J. Syst. Bacteriol.* **45**: 554-559 (1995).
 44. E. Stackebrandt and B.M. Goebel, *Int. J. Syst. Bacteriol.* **44**: 846-849 (1994).
 45. J.R. Stephen et al., *Appl. Environ. Microbiol.* **65**: 95-101 (1999).
 46. V. Torsvik, J. Goksøyr and F.L. Daae, *Appl. Environ. Microbiol.* **56**: 782-787 (1990).
 47. V. Torsvik et al., in *Beyond the Biomass*, K. Ritz, J. Dighton and K.E. Giller, eds., Wiley Chichester, England, 1994, pp. 39-48.
 48. T. Ueda, Y. Suga, N. Yahiro and T. Matsuguchi, *J. Bacteriol.* **177**: 1414-1417 (1995).
 49. M. Wagner et al., *J. Bacteriol.* **180**: 2975-2982 (1998).
 50. G. Webster, T.M. Embley and J.I. Prosser, *Appl. Environ. Microbiol.* **68**: 20-30 (2002).
 51. C.R. Woese, O. Kandler and M.L. Wheelis, *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.)* **87**: 4576-4579, 1990.
 52. L. Wu et al., *Appl. Environ. Microbiol.* **67**: 5780-5790 (2001).

Genetisches Fingerprinting als Strategie zur Analyse der Veränderlichkeit und zur Nuzung der mikrobiologischen Vielfalt in Agrarökosystemen

Tebbe, Christoph C. (Braunschweig)

In fast allen natürlichen Substraten leben Mikroorganismen nicht isoliert voneinander in Reinkulturen sondern in Gemeinschaften aus unterschiedlichen Organismen mit verschiedenen Aktivitäten. Um die Funktion solcher Gemeinschaften zu verstehen und ihre Veränderlichkeit, z.B. als Folge von schwankenden Umwelteinflüssen untersuchen zu können, ist es notwendig ihre Struktur zu erfassen.

Klassische mikrobiologische Untersuchungsmethoden von Umweltproben beruhen auf Anreicherung, Reinkulturisolierung und Tests zur Identifizierung der Reinkulturen. Für die Untersuchung ganzer Gemeinschaften eignen sich diese Methoden nicht, da jedes Kultivierungsverfahren bestimmte Organismengruppen bevorzugt und andere unterdrückt. Außerdem sind viele Mikroorganismen aus der Umwelt unter Laborbedingungen nur schwer kultivierbar oder verlieren im Labor ihre Kultivierbarkeit.

PCR-abhängige Verfahren bieten sich als Alternative für Gemeinschaftsuntersuchungen an. Dabei wird DNA aus Umweltproben direkt extrahiert und aus dem DNA-Gemisch werden bestimmte Gene in vitro vermehrt. Für Strukturanalysen mit diesem methodischen Ansatz eignet sich besonders das Gen für RNA aus der kleinen Untereinheit von Ribosomen (SSU rRNA). Mit Hilfe von Primern, die an phylogenetisch konservierte Regionen innerhalb des SSU rRNA Gens binden, können durch PCR auch Gene von unbekannten Organismen isoliert werden. Die Vielfalt der amplifizierten Produkte kann über Klonierungen und Sequenzierungen ermittelt werden. Hierbei ist jedoch der zeitliche Aufwand so hoch, dass sich für vergleichende Untersuchungen und für das Screening vieler Umweltproben alternativ genetische Fingerprinting-Techniken empfehlen. Bei diesen Verfahren wird zunächst die Vielfalt der aus Umwelt-DNA amplifizierten PCR-Produkte wie in einem Fingerabdruck oder einem Chromatogramm dargestellt. Als Techniken haben sich DGGE (denaturierende Gelelektrophorese), T-RFLP (terminaler Restriktionsfragmentlängen-Polymorphismus) oder die von uns für Community-Analysen weiterentwickelte SSCP-Technik bewährt.

PCR-SSCP ("single strand conformation polymorphism") wurde in den vergangenen Jahren von uns zur Untersuchung unterschiedlicher agrar-relevanter Systeme eingesetzt, so z.B. zum Vergleich von Bakteriengemeinschaften in Rhizosphären von gentechnisch veränderten und nicht veränderten Pflanzen oder zur Prozessuntersuchung bei Kompostierungen. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen eröffnen uns Möglichkeiten, mikrobielle Aktivitäten in Zukunft gezielter nutzbringend für die Optimierung landwirtschaftlicher Prozesse einzusetzen.

Pflanzliche, tierische und mikrobielle Diversität in Agrarproduktionssystemen

Abundanz und Artenspektrum von Regenwurmpopulationen (Lumbriciden) in langjährig ökologisch genutzten Böden

Renate Gnan¹, Günter Leithold

1. Zielsetzung

Regenwürmer repräsentieren den überwiegenden Teil tierischer Biomasse im Boden. Durch ihre spezielle Lebensweise übernehmen sie vielfältige Aufgaben, die für das längerfristige Funktionieren des Bodenökosystems unerlässlich sind. Effekte wie der Aufbau stabiler Ton-Humus-Komplexe, die Einarbeitung und Vermischung von Pflanzenrückständen, Verbesserung des Gas- und Wasserhaushaltes, Aufschluss des Unterbodens und die Nutzung der Regenwurm-Gangsysteme durch Pflanzenwurzeln wirken sich positiv auf die biologische Aktivität und Fruchtbarkeit des Bodens aus (PFIFFNER 1993, PAPAJA & HÜLSBERGEN 2000).

Ökologisch wirtschaftende Betriebe nutzen verstärkt das Selbstregulierungsvermögen der Böden und sind im besonderen Maße auf die Leistungen der Bodenbewohner angewiesen (EMMERLING 1999). In den letzten zehn Jahren haben sich zahlreiche bodenbiologische Methoden zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit im ökologischen Landbau etabliert. Die aus landwirtschaftlicher Sicht wichtigste Gruppe der Bodentiere sind die Regenwürmer. Sie sind methodisch und deterministisch relativ leicht zugänglich und gelten durch ihre spezielle Lebensweise und ihrer Empfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen als zentrale Bioindikatoren im Boden.

Ziel der erstmaligen Untersuchungen war es, eine Analyse und Bewertung der bestehenden Regenwurmfauna in ackerbaulich genutzten Böden des Lehr- und Versuchsbetriebes für ökologischen Landbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Gladbacherhof, durchzuführen und Rückschlüsse zur Ausprägung der naturveranlagten Bodenfruchtbarkeit zu ziehen (Betriebsumstellung 1983).

2. Methodik

Die hessische Staatsdomäne Gladbacherhof liegt ca. 17 km östlich von Limburg an den nordwestlichen Ausläufern des Taunus in einer Höhenlage von 140 bis 300 m über NN. Bodentypen sind vorwiegend Parabraunerden, aber auch erodierte Parabraunerden, Pararendzinen, Pseudogleye, Gleye, Ranker-Braunerden und Kolluvien am Hangfuß. Als Bodenart überwiegt lehmiger Schluff bis toniger Lehm, die mittlere Ackerzahl beträgt 63 (40-80). Die langjährige mittlere Jahresniederschlagsmenge liegt bei 682 mm, die langjährige Jahresdurchschnittstemperatur bei 9,3 °Celsius.

Die Analyse der Lumbricidenpopulation erfolgte im Frühjahr und im Herbst 2001 auf acht Ackerschlägen mit speziell ausgewiesenen Dauertestflächen. Diese wurden im Jahr 1999 auf acht verschiedenen Schlägen in einer jeweils standorttypischen Lage eingerichtet. Die Testflächen orientieren sich an der achtfeldrigen Fruchtfolge des Betriebes und sollen diesen im Kleinstmaßstab repräsentieren. Vergleichende Beobachtungen naturnaher Habitate fanden außerdem in Wald, Wiese und Ackerrain statt. Der Regenwurmfang erfolgte mittels Handauslese. Je Standort wurden acht Wiederholungen durchgeführt. Beprobt wurde jeweils eine Fläche von 1/10 m² bis in

¹ eMail:organ.landbau@agrar.uni-giessen.de

eine Tiefe von 50 cm. Es erfolgte eine Charakterisierung der Individuen nach Artenspektrum, Abundanz, Biomasse, Altersstruktur und Dominanzstruktur.

3. Ergebnisse

Im Rahmen der Basisuntersuchungen konnten insgesamt 9 Regenwurmarten in den Ackerstandorten gefunden werden. Die häufigsten Spezies der Dauertestflächen waren die endogäischen Arten *Aporrectodea icterica* SAVIGNY (27 % aller adulten Individuen), *Aporrectodea caliginosa* SAVIGNY (27 %) und die anözische Art *Lumbricus terrestris* LINNE (23%).

Aporrectodea caliginosa und *Lumbricus terrestris* waren in sechs, *Aporrectodea icterica* in sieben der acht untersuchten Habitate zu finden (Tab. 1).

Tabelle 1: Prozentuale Verteilung der Regenwurmarten in den Böden der acht Dauertestflächen (Artenhäufigkeit in % der gezählten adulten Tiere)

Bezeichnung der Schläge mit Dauertestflächen	Epigäisch Arten		Endogäisch Arten					Anözisch Arten	
	<i>Lumbricus rubellus</i>	<i>Lumbricus Castaneus</i>	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	<i>Aporrectodea icterica</i>	<i>Aporrectodea rosea</i>	<i>Allolobopha clorotica</i>	<i>Octolasion lacteum</i>	<i>Lumbricus terrestris</i>	<i>Aporrectodea longa</i>
Eisensteinfeld 2	-	-	-	20 ¹⁾	91	-	-	18	-
Schöne Aussicht	100	100	7	9	9	22	-	14	-
Langes Gewann 2	-	-	21	-	-	-	100	-	-
Kreuz	-	-	-	17	-	-	-	34	100
Langes Gewann 1	-	-	22	11	-	78	-	24	-
Eisensteinfeld 1	-	-	22	12	-	-	-	4	-
Über der Koppel	-	-	16	12	-	-	-	-	-
Ofenloch	-	-	12	19	-	-	-	6	-
Gesamt %	100	100	100	100	100	100	100	100	100

1) z.B. 20 % aller Individuen dieser Art in der Dauertestfläche Eisensteinfeld 2 zu finden

Die Ackerstandorte erwiesen sich mit einem Vorkommen von bis zu sieben Arten als artenreich und zeichneten sich durch einen hohen Anteil der anözischen Art *L. terrestris* aus.

Die höchste Individuendichte mit 91 Ind./m² wurde in *Eisensteinfeld 2* gezählt. Die zweithöchste Abundanz wurde in dem Ackerstandort *Langes Gewann 1* mit 69 Ind./m² ermittelt. Mit 59 Ind./m² war *Schöne Aussicht* der Standort mit dem dritthöchsten Wert für die Abundanz. Es folgten die Standorte *Kreuz* und *Ofenloch* mit jeweils 46 Ind./m². Die niedrigste Abundanz betrug 25 Ind./m² (*Über der Koppel*).

Die höchste Biomasse war mit 62 g/m² im *Eisensteinfeld 2* festzustellen. Die Standorte *Kreuz* und *Eisensteinfeld 1* wiesen mit 55 g/m² und 53 g/m² ebenfalls hohe

Werte auf. Die geringste Biomasse lag mit 25 g/m² in den Ackerstandorten *Über der Koppel* und *Ofenloch* vor.

Für die acht Ackerflächen ließen sich durchschnittliche Abundanzen von 51 Individuen/m² mit einer Biomasse von 41 g/m² nachweisen. Unter Wiese war eine Aktivitätsdichte von 189 Individuen/m² mit einer Biomasse von 68 g/m² zu beobachten. Der durchschnittliche Anteil juveniler Tiere lag unter Ackernutzung bei 47 %, unter Wiesennutzung bei 75 %. Vom Feldrain zur Feldmitte wurden deutlich abnehmende Abundanzen festgestellt. Ein völliges Verschwinden der Regenwürmer mit zunehmendem Abstand von Feldrain, wie unter konventioneller Bewirtschaftung mitunter zu finden, war nicht zu beobachten.

4. Fazit

Das breite Artenspektrum und das Vorkommen von Vertretern aller ökologischen Gruppen in den untersuchten ackerbaulich genutzten Flächen des Gladbacherhofes können als Indiz für die langjährige ökologische Bewirtschaftung betrachtet werden. Ökologisch bewirtschafteten Agrarökosystemen zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass insbesondere tiefgrabende Arten wie *Lumbricus terrestris* zahlreicher vertreten sind. Dies ließ sich auch am Beispiel des Gladbacherhofes bestätigen. Die beobachtete Artenvielfalt und Abundanz lässt Rückschlüsse auf ein belebtes und aktives Bodenleben sowie auf einem hohen Humusgehalt zu. Das Angebot an naturnahen Flächen und Elemente im Betriebsterritorium wie Hecken, Feldraine, Brachgehölze, Wälder und Wiesen leistet einen erheblichen Beitrag zur Förderung dieser biologischen Vielfalt. Diese ökologischen Ausgleichsflächen des Gladbacherhofs ermöglichen die Ausbildung stabiler Biozönosen. Sie stellen eine Einwanderungsquelle für Regenwürmer dar.

LITERATUR

- EMMERLING, C (1999): Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit mit Hilfe der Bodenbiologie. *Ökologie und Landbau* 110, 16-17.
- HAMPL, U. (1999): Den Boden ins Bewusstsein rücken. *Ökologie und Landbau*, 110, 2-3.
- PAPAJA, S. & K.-J. HÜLSBERGEN (2000): Die Entwicklung von Regenwurmpopulationen unter dem Einfluss der Bewirtschaftungseinstellung. In: HÜLSBERGEN, K.-J. & W.
- DIEPENBROCK (Hrsg.): Die Entwicklung von Fauna, Flora und Boden nach Umstellung auf ökologischen Landbau. Halle 2000, 108 – 122.
- PIFFNER, L. (1993): Einfluß langfristig ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung auf Regenwurmpopulationen (Lumbricidae). *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 156, 259 - 265.
- GNAN, R. (2002): Analyse und Bewertung der Abundanz und des Artenspektrums von Regenwurmpopulationen (Lumbriciden) in ackerbaulich genutzten Böden des Lehr- und Versuchsbetriebes Gladbacherhof. Justus-Liebig-Universität Giessen, Diplomarbeit

Auswirkung einer PAK-Mischkontamination auf mikrobiell getragene Bodenfunktionen

Gueinzius, Ingo (Karlsruhe)¹; Thalmann, Alfred

Einleitung

Der Schutz der Bodenorganismen und die Sicherung ihrer Leistungsfähigkeit ist Gegenstand des Bundes-Bodenschutzgesetzes vom 17.03.1998. Sein vorrangiges Ziel ist es den Boden und seine Funktionen zu erhalten und vor Belastungen zu schützen. Zu diesen Bodenfunktionen zählt auch seine natürliche Funktion als Lebensraum für Bodenorganismen (vgl. §2 BBodSchG). Weitere bedeutende Bodenfunktionen werden von Bodenmikroorganismen getragen. Grenzwerte oder konkrete Vorgaben zur Umsetzung dieser Schutzforderungen konnten bis heute nicht aufgestellt werden. Die Datenlage zur Wirkung vor allem organischer Schadstoffe auf die mikrobielle Biozönose des Bodens ist spärlich und widersprüchlich (vgl. WILKE, 1996; BVB, 2000).

Die vorliegende Untersuchung sollte überprüfen, ob sich aus den erhöhten Gehalten an Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in urbanen Böden Folgen für die mikrobielle Biozönose und die mikrobiell getragenen Bodenfunktionen ergeben. Als Beispiel für ökotoxikologische Xenobiotika wurden die PAK ausgewählt, da sie ubiquitär verbreitet sind und in Wechselwirkung mit den Mikroorganismen stehen. PAK mit bis zu 4 kondensierten Benzolringen gelten als mikrobiell abbaubar. Gleichzeitig ist die Toxizität einiger PAK für Mikroorganismen nachgewiesen.

Abweichend von der gängigen ökotoxikologischen Praxis wurden in dieser Untersuchung PAK-Mischkontaminationen eingesetzt. Die Aussagefähigkeit ökotoxikologischer Testmethoden wird intensiv diskutiert (vgl. RÖMBKE et al, 1996; MADSEN, 1998). Die Ergebnisse dieser Methoden können weder Dosis-Wirkungs-Beziehungen der Böden noch synergistische Wirkungen der Xenobiotika abbilden. In der Literatur sind verschiedene Hinweise darauf zu finden, dass in Gegenwart abbaubarer PAK die Bioverfügbarkeit der höher kondensierten, toxischen PAK möglicherweise erhöht wird (vgl. DOHSE & LION, 1994; XIAOYAN & LIKAI, 1991). Deshalb wurde für diese Untersuchung eine PAK-Mischung nach Toxizität, biologischer Abbaubarkeit und quantitativer Relevanz ausgewählt.

Material und Methoden

Standorte

Für diese Untersuchung wurden 18 Standorte (Kleingärten, Brachflächen, Straßenrandstreifen u.ä.) im Stadtgebiet Karlsruhes nach einheitlichen physikochemischen Eigenschaften ausgewählt (SI bis IS; pH 7,3 bis 5,9). Die Humusgehalte der Böden variieren stark (C_{org} 1,05 % bis 10,87 %). Die Schadstoffgehalte in den Oberböden der Standorte spiegeln das ganze Spektrum der Karlsruher PAK-Bodenbelastungen wider (0,39 ppm bis 31,61 ppm S EPA-PAK).

Methodik

Zur bodenmikrobiologischen Charakterisierung der Standorte wurden die mikrobielle Biomasse (SIR nach ANDERSON & DOMSCH) und intrazelluläre Stoffwechselleistung (Dehydrogenaseaktivität (INT)), die alkalische

¹ eMail: Ingo.Gueinzius@lufa.bwl.de

Phosphomonoesteraseaktivität (nach ÖHLINGER), die Xylanaseaktivität (nach MERSI & SCHINNER), die Peroxidaseaktivität (nach BARTHA & BORDELEAU) und die Polyphenoloxidaseaktivität (nach SULFITA & BOLLAG) bestimmt.

Zur Bestimmung der mikrobiellen Dekompositionsleistung wurde ein Feldversuch in Form eines modifizierten Minicontainer-Versuchs nach EISENBEIS durchgeführt. Um die Dekompositionsleistung der Meso- und Makrofauna auszuschließen wurden nur Gewebe mit einer Maschenweite von 25 µm verwendet. Als Substrat wurde je Container ca. 300 mg einer standortfremden Weizenstroh-Heu-Mischung (1:1) eingesetzt. Das gemahlene und getrocknete Substrat wurde zuvor mit dem in Aceton gelösten PAK-Gemisch kontaminiert (Phenanthren, Fluoranthren, Pyren, Chrysen, Benz(a)pyren (1:1:1:1:1)). Es wurden PAK-Konzentrationen von 0 ppm, 2,5 ppm, 25 ppm und 250 ppm eingestellt. Die Minicontainer-Stäbe wurden horizontal in den Oberböden der Standorte (5 bis 10 cm Tiefe) eingebracht. In Monatsabständen (T1 bis T4) wurde jeweils ein Teil der Container entnommen, sodass pro Termin, Standort und Kontaminationsstufe neun Parallelen bestimmt werden konnten. Bestimmt wurden die Wiederfindungsrate und die C/N-Verhältnisse der kontaminierten Substrate.

Um die Leistung der autochthonen Bodenflora von der einer allochthonen, über das Stroh in den Boden eingetragenen Flora zu unterscheiden, wurde die im Labor die Wiederfindungsrate des Substrats ohne Boden über 19 Tage ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl der Vergleich der Abbauraten als auch der Abbaumengen des Minicontainerversuchs zu allen Versuchszeitpunkten zeigt, dass die mikrobiellen Leistungen an den verschiedenen Versuchstandorten nicht stark differieren. Die Wiederfindungsrate nach 4 Monaten liegt zwischen 70 % und 61 %. Abhängigkeiten der Abbauleistung von Schadstoffgehalten (PAK und Schwermetalle) und bodenchemischen oder mikrobiellen Parametern der Standorte (Biomasse und Enzymaktivitäten) konnten nicht nachgewiesen werden.

Die Versuchsergebnisse zeigen jedoch, dass mit steigendem PAK-Gehalt des Substrates die Wiederfindungsrate sinkt. Im Mittel ist die Wiederfindungsrate in den mit 250 ppm PAK kontaminierten Proben um 1,4 % geringer als diejenige der unkontaminierten Probe (vgl. Abb. 1). Diese Abweichung ist zwar nur geringfügig, der Einfluss der PAK-Kontamination auf die Wiederfindungsrate des Substrats lässt sich jedoch anhand einer einfaktoriellen Varianzanalyse statistisch absichern (T1: $\alpha=0,1$; T3 und T4: $\alpha=0,025$). Die Varianzanalyse für T2 führt zu keiner Unterscheidung der Wiederfindungsraten. Vermutlich hat sich eine Kältephase während dieses Versuchszeitraums an den verschiedenen Standorten differenziert ausgewirkt und die Varianzen innerhalb der jeweiligen Kontaminationsgruppe deutlich erhöht.

Der Vergleich der Unterschiede in der Dekompositionsleistung im Labor- und im Feldversuch, zeigt, dass die Unterschiede im Abbau der Substrate der verschiedenen Kontaminationsstufen vorrangig aus Wechselwirkungen mit der bodeneigenen Mikroflora resultieren.

Die PAK-Gehalte der Böden beeinflussen die Dekompositionsraten nicht nachweislich. Damit gibt es auch keinen Hinweis auf eine Adaption der Bodenmikroorganismen an die Bodenbelastungen.

Die C/N-Verhältnisse des Substrats werden, wie bei der Dekomposition organischer Substanz üblich, im Versuchsverlauf enger. Auch hier ist der Einfluss der PAK zu beobachten. Die engeren C/N-Verhältnisse sind in den höher kontaminierten Proben zu finden, wobei die 25 ppm-Proben in vielen Fällen die engsten C/N-Verhältnisse

aufweisen. Diese Unterschiede sind am letzten Versuchstermin kaum noch erkennbar. Die Verteilungen der C/N-Verhältnisse der verschiedenen Kontaminationsstufen können sowohl zum Zeitpunkt T2 als auch T4 anhand einer Varianzanalyse (T2 und T4: $\alpha=0,025$) unterscheiden werden.

Die Ergebnisse der C/N-Messungen lassen vermuten, dass sich die PAK-Kontaminationen stimulierend auf den mikrobiellen Kohlenstoffumsatz auswirken. Die Leistungssteigerung kann als Stressreaktion der Bodenflora oder als Artenverschiebung in Folge der Schadstoffbelastung gedeutet werden.

Die Ursache der schnelleren Dekomposition von Pflanzenresten in Gegenwart hoher PAK-Konzentrationen steht im Zusammenhang mit der Aktivität mikrobieller Enzyme. Ligninolytische Enzyme– Peroxidasen (EC 1.11.1.6) und Polyphenoloxidasen (EC 1.14.18.1) – werden von den Bodenmikroorganismen zum Aufschluss der in der pflanzlichen Biomasse vorhandenen Gerüstelemente phenolischer Struktur freigesetzt. Vor allem die Polyphenoloxidasen fördern den Abbau des stabilen Lignins, welches im Stroh durchschnittlich 24 % der Trockenmasse ausmacht. Da diese Enzyme über Mediatoren den Abbau katalysieren, wirken sie sehr substratspezifisch (Fritsch 1998).

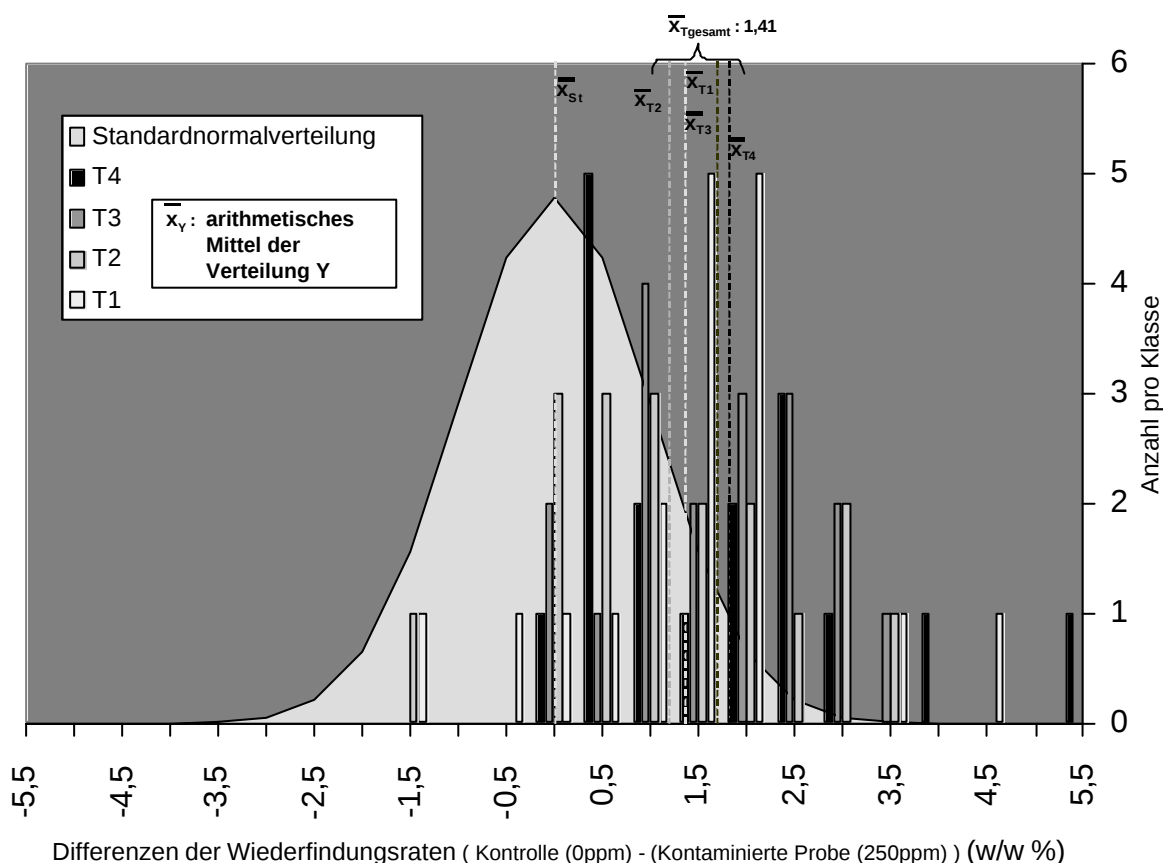


Abbildung 1: Verteilung der Differenzen der Wiederfindungsraten des Minicontainer-versuchs

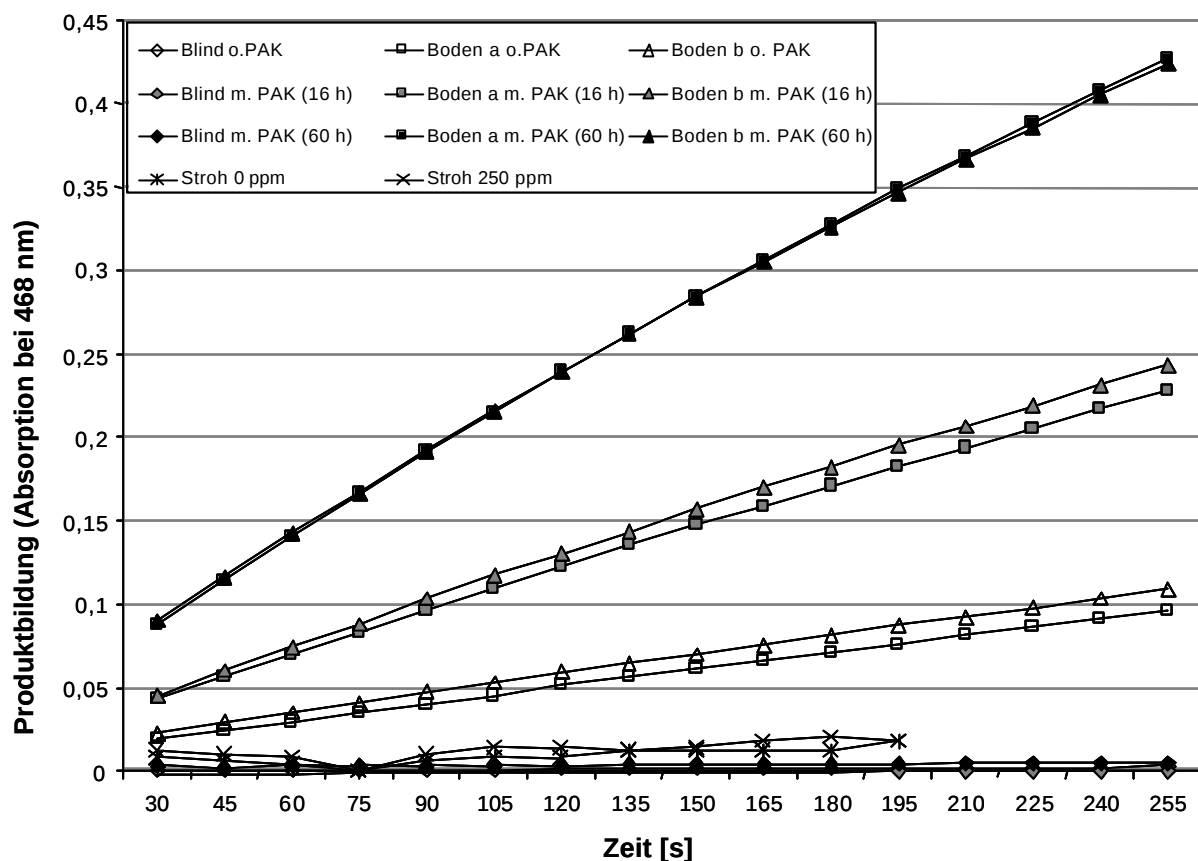


Abbildung 2: Steigerung der Polyphenoloxidaseaktivität durch eine PAK-Mischkontamination

Sie sind deswegen auch in der Lage, die Oxidation der PAK zu katalysieren. Die Annahme, dass hohe PAK-Konzentrationen im Versuch zu einer Induktion der ligninolytischen Enzyme führen, könnte die niedrigeren Wiederfindungsraten und die engeren C/N-Verhältnisse dieser Proben erklären. Da der PAK-Abbau cometabolisch über Mediatoren verläuft, erscheint eine Induktion ligninolytischer Enzyme durch PAK, wie sie für Polyphenole nachgewiesen wurde (XIAOYAN & LAKAI, 1991) unwahrscheinlich.

Die Auswirkungen der PAK auf die Aktivitäten ligninolytischer Enzyme wurden an einem unbelasteten Boden nochmals überprüft. **Abbildung 2** zeigt die Phenoloxidaseaktivität nach Kontamination mit einer PAK-Mischung, welche eine Belastung des Bodens mit 750 ppm PAK simulierte. Die Polyphenoloxidaseaktivität steigt bereits nach einem Tag deutlich an. Nach drei Tagen sind noch höhere Aktivitäten zu beobachten. Damit wird die Annahme bestätigt, dass verfügbare PAK die Aktivität der ligninolytischen Enzyme im Boden steigern können.

Im Substrat des Minicontainerversuchs konnten keine deutliche Polyphenoloxidaseaktivitäten nachgewiesen werden. Das bestätigt die Annahme, dass die durch die PAK bewirkte Aktivitätssteigerung eine Reaktion der Bodenmikroflora und ist.

Peroxidaseaktivitäten konnten nicht nachgewiesen werden. Der Versuchsboden weist einen neutralen pH-Wert auf. Die Peroxidaseaktivität erreicht ihr Optimum dagegen im sauren Milieu.

Fazit

Es konnte kein Hinweis dafür gefunden werden, dass die Funktionen der Stadtböden durch PAK beeinträchtigt werden. Eine Hemmung der Leistung der mikrobiellen Biozönose durch PAK-Konzentrationen bis 250 ppm im Substrat konnte nicht nachgewiesen werden. Die Dekompositionsleistung wird durch die hohe PAK-Konzentrationen geringfügig gesteigert. Die Bodenfunktionen „Stofftransformation“ bleibt intakt, selbst wenn einzelne Parameter der mikrobiellen Aktivitäten beeinträchtigt werden.

Vorliegende Untersuchung weist einen Anstieg der Polyphenoloxidaseaktivität der Böden in Gegenwart hoher, nicht gealterter PAK-Mengen nach. Die Ergebnisse des Minicontainer-Versuchs legen einen Zusammenhang zwischen gesteigerter Dekompositionsleistung und der Existenz bioverfügbarer PAK nahe. Dass PAK ihren enzymatischen Abbau induzieren können wurde bisher noch nicht nachgewiesen und ist, da der Abbau cometabolisch und über Mediatoren abläuft, eher unwahrscheinlich. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Zur Findung von Grenz- oder Handlungswerten von PAK-Bodenbelastungen für das Schutzgut „Bodenorganismen“ kann auch dieser ungewohnte Untersuchungsansatz nur wenig beitragen. Er zeigt jedoch, dass die Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen Schadstoffgehalten und mikrobiell getragenen Bodenfunktionen komplex sind. Die tatsächlichen Schadstoffwirkungen im Boden sind aufgrund zahlreicher möglicher Wechselwirkungen schwer zu erfassen.

Literatur

BVB (Bundesverband Boden) (2000): Eckpunkte zur Gefahrenbeurteilung des Wirkpfades Bodenverunreinigungen - Bodenorganismen.- Fachausschuss „Biolog. Bewertung von Böden“, 12. Entwurf (April 2000)

DOHSE, D.M. & LION, L.W. (1994): The Effect of Microbial Polymers on the Partitioning and Transport of Phenanthrene in a Low-Carbon Sand.- In: Environ. Sci. & Technol., 28(4), S. 541-547

FRITSCHKE, W. (1998): Umweltmikrobiologie.- Fischer Verlag, Jena

MADSEN, E.L. (1998): Epistemology of environmental biology.- In: Environ. Sci. & Technol., 32 (4), S. 429-439

RÖMBKE, J. et al (1996): Chemikalien im Boden - Entwicklung einer Teststrategie zur Bewertung des Umweltgefährlichkeitspotentials.- In: UWSF (3), S. 158-166

WILCKE, B.-M. (1996): Emissionen und Wirkungen von Schadstoffen im Boden.- In: Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik Bd. 1, Springer Verlag, Berlin

XIAOYAN & LIKAI (1991): Effect of the urease inhibitor hydroquinone on soil enzyme activities.- In: Soil Biol. Biochem. 24, S: 1089-1091

Bodentiere auf einer konventionell und ökologisch bewirtschafteten Fläche sowie einer Ödlandfläche

Johannes Bauchhenß (Freising)

1. Einleitung

Der ökologische Landbau ist auf Bodenorganismen angewiesen. Sie bauen Pflanzenreste und organischen Dünger zu Pflanzennährstoffen ab und verbessern die Bodenstruktur. Auf dem Poster werden die wichtigsten Parameter der Regenwurmfauna und der epigäischen Fauna einer ökologisch bewirtschafteten, einer konventionell bewirtschafteten und einer Ödlandfläche dargestellt.

2. Material und Methode

Vergleichsflächen: Die Vergleichsflächen liegen im Dachau-Freisinger Moor in unmittelbarer Nähe zueinander (vergl. Kartenausschnitt und photographische Aufnahmen). Sie sind nach bodenkundlichen Parametern und von der Grundwasserführung vergleichbar.

Die **ökologisch bewirtschaftete Fläche** steht seit nahezu 20 Jahren unter ökologischem Anbau. Sie wird in 7-jähriger Fruchtfolge (davon 4 Jahre Klee gras) bewirtschaftet. Die Fläche wird pfluglos bestellt.

Die **konventionell bewirtschaftete Fläche** weist einen dreijährigen Fruchtwechsel auf. Es werden ausschließlich Dreschfrüchte angebaut. Die Fläche wird gegrubbert und gepflügt.

Die **Ödlandfläche** wurde vor ca. 20 Jahren im Zuge der Flurbereinigung ausgewiesen. Sie stellt letztlich eine Grünlandbrache dar, die, um das Aufkommen von Stauden und Gehölzen zu vermeiden, im Turnus von 2-3 Jahren gemulcht wird. Das Mulchgut bleibt auf der Fläche liegen.

Bodenzoologische Untersuchungen: Auf den Flächen wurden die Regenwurmtaxozönosen und die Taxozönosen der epigäischen Fauna untersucht. Die Probennahmen erfolgten im Frühjahr und Frühsommer 1999.

Die Proben wurden bei Regenwürmern durch die Formalinmethode, bei der epigäischen Fauna durch Bodenfallenproben gewonnen. Es wurden zur Ermittlung des Regenwurmbestandes auf jeder Fläche 10 Stichproben von 1m² Probenfläche und zur Ermittlung der epigäischen Fauna jeweils 10 Bodenfallenproben gezogen.

Auswertung: Die Entnahme von je 10 Stichproben ermöglicht eine statistische Auswertung der Ergebnisse. Da keine Normalverteilung vorlag, wurden parameterfreie Methoden, (U-Test) zur statistischen Absicherung der Ergebnisse angewandt. Wertungskriterien waren Individuendichte, Biomasse und Artenzahlen bei Regenwürmern und die Individuendichte ausgewählter systematischer Gruppen bei der epigäischen Fauna. Die dargestellten Parameter sind die Werte der einzelnen Stichproben die Medianwerte und deren statistische Absicherung bei $p=0,05$.

3. Ergebnisse und Auswertung

Regenwurmuntersuchungen: Die Individuendichte der Regenwürmer, ihre Biomasse und die Artenzahlen werden als „Stichproben-Einzelwerte“ auf Grafiken und Tabellen, nach absteigender Höhe der Werte sortiert, dargestellt. (Dadurch ist es dem Betrachter möglich, die Bewertung der Ergebnisse „nach Augenschein“ selbst vorzunehmen.)

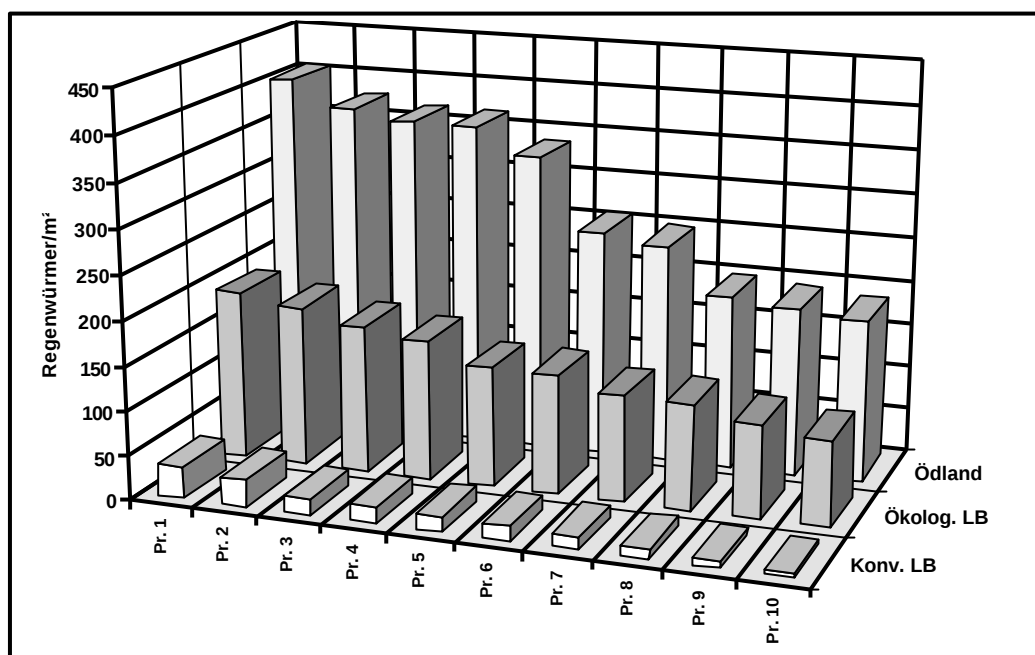


Abbildung 1: Regenwurmindividuendichte (Ind./m²) auf konventionell und ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen und einer Ödlandfläche. Die Stichprobenwerte sind einzeln dargestellt und nach Werten geordnet (vergl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Regenwurm-Individuendichte auf konventionell und ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen und einer Ödlandfläche. Die Stichprobenwerte sind einzeln dargestellt und nach Werten geordnet.

	Pr. 1	Pr. 2	Pr. 3	Pr. 4	Pr. 5	Pr. 6	Pr. 7	Pr. 8	Pr. 9	Pr. 10	Median
Ödland	405	375	366	365	336	257	247	197	190	184	296,5
Ökolog. LB	191	180	166	157	135	134	120	118	105	96	134,5
Konv. LB	36	30	18	18	17	16	14	11	8	5	16,5

Tabelle 2: Regenwurm-Biomasse auf konventionell und ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen und einer Ödlandfläche. Die Stichprobenwerte sind einzeln dargestellt und nach Werten geordnet.

	Pr. 1	Pr. 2	Pr. 3	Pr. 4	Pr. 5	Pr. 6	Pr. 7	Pr. 8	Pr. 9	Pr. 10	Median
Ödland	187,7	173,8	173,2	163,4	155,3	112,8	112,7	98,9	91,9	79,2	134,1
Ökolog. LB	155,6	142,1	140,5	114,1	108,5	107,9	103,3	100,9	97,3	89,4	108,2
Konv. LB	19,3	17,9	15,3	10,0	8,8	7,0	5,7	4,3	3,3	2,3	7,9

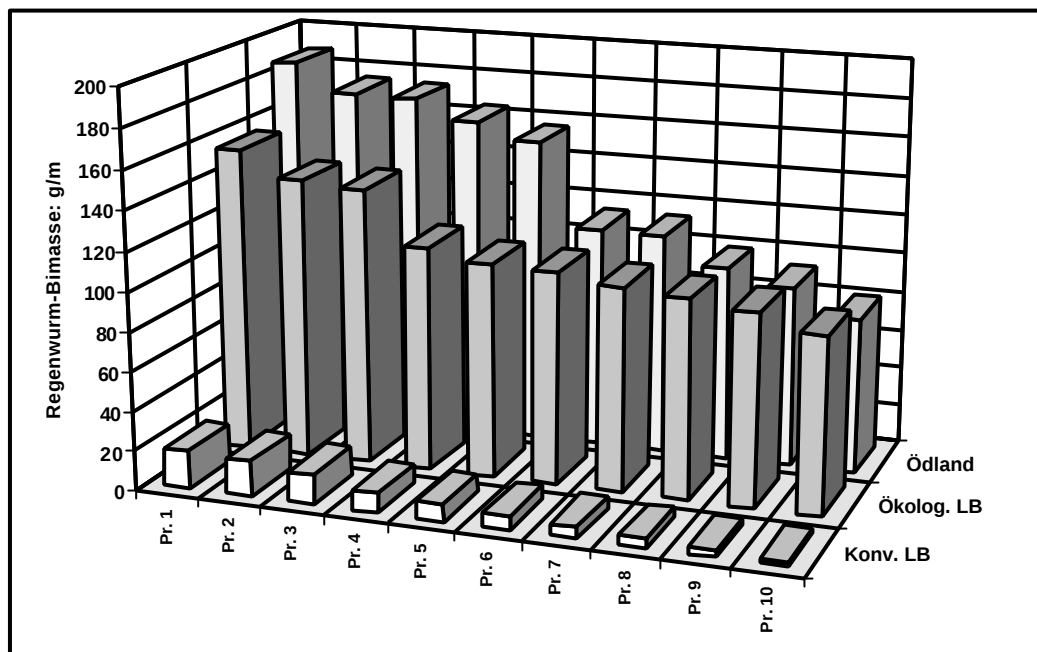


Abbildung 2: : Regenwurm-Biomasse (g/m^2) auf konventionell und ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen und einer Ödlandfläche. Die Stichprobenwerte sind einzeln dargestellt und nach Werten geordnet (vergl. Tabelle 2).

Diesem Zweck dient auch die photographische Darstellung der Gläser mit den Regenwurmpräparaten.) Die Medianwerte der 10 Stichproben sind auf den Tabellen vermerkt.

Die **Individuendichte** der Regenwürmer (vergl. Abbildung 1, Tabelle 1) zeigt mit durchschnittlich 16,5 Individuen/ m^2 auf der konventionell bewirtschafteten Fläche den geringsten Wert. Auf der ökologisch bewirtschafteten Parzelle ist sie mit 134,5 Ind./ m^2 signifikant höher und auf der Ödlandfläche mit 296 Ind. / m^2 am höchsten. Auch zwischen den Individuendichte-Werten der ökologisch bewirtschafteten Fläche und der Ödlandfläche bestehen signifikante Unterschiede.

Die **Biomasse** (vergl. Abbildung 2, Tabelle 2) zeigt auf der konventionell bewirtschafteten Fläche mit durchschnittlich 7,9 g/m^2 den geringsten Wert. Auf der ökologisch bewirtschafteten Fläche liegt er mit 108,2 g/m^2 signifikant höher. Zwischen dem Biomassewert der ökologisch bewirtschafteten Fläche und dem der Ödlandfläche, mit durchschnittlich 134,1 g/m^2 , besteht kein signifikanter Unterschied.

Die **Artenzahl** der Regenwürmer (vergl. Abbildung 3) ist auf der konventionell bewirtschafteten Fläche mit durchschnittlich 2,5 Arten am geringsten. Auf der ökologisch bewirtschafteten Fläche sind durchschnittlich 4 und auf der Ödlandfläche 6 Arten vertreten.

Untersuchung der epigäischen Fauna: Die Tiere aus den Bodenfallen wurden, getrennt nach systematischen Gruppen, ausgezählt. Auf dem Poster sind die Vergleichswerte aus der ökologisch und der konventionell bewirtschafteten Fläche anhand von Photographien, es ist jeweils der Tierbestand aus 10 Bodenfallen aufgenommen, dargestellt. Die Untersuchungen wurden im Rahmen einer Facharbeit durchgeführt. Bei Doppelfüßlern und Spinnen ist die Individuendichte auf der ökologisch bewirtschafteten Fläche deutlich höher als auf der der konventionell bewirtschafteten. Bei Laufkäfern ist zwar die Individuendichte auf der konventionell

bewirtschafteten Fläche höher, die Biomasse dagegen auf der ökologischen. Es kommen hier hauptsächlich Carabus-Arten vor. Kurzflügelkäfer sind, dies wurde auch auf anderen Flächenpaaren beobachtet, auf der konventionell bewirtschafteten Fläche häufiger.

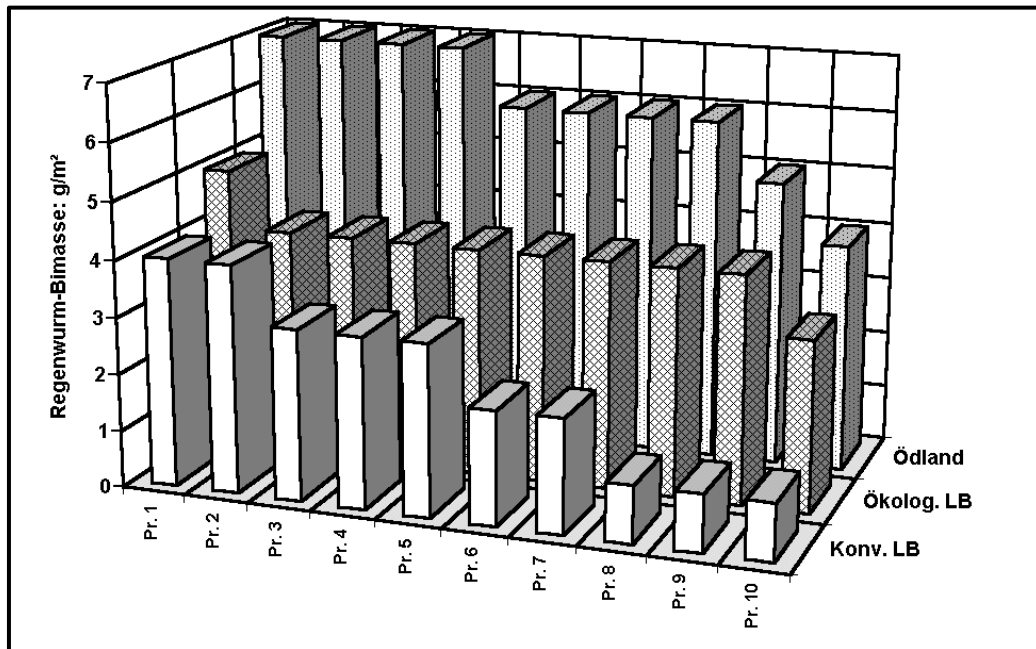


Abbildung 3: Regenwurm-Artenzahlen auf konventionell und ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen und einer Ödlandfläche. Die Stichprobenwerte sind einzeln dargestellt und nach Werten geordnet.

4. Bewertung

Im Vergleich mit anderen, früher durchgeführten Untersuchungen an Flächenvergleichspaaren sind die hier dargestellten Unterschiede zwischen ökologisch und konventionell bewirtschafteten Flächen nicht außergewöhnlich. Die positiven Auswirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen auf die Bodenfauna scheinen sich in ihren Resultaten genauso zu multiplizieren wie die negativen. Positiv wirkten auf der ökologisch bewirtschafteten Fläche wohl in erster Linie die weite Fruchtfolge mit vierjähriger Bodenruhe unter Klee gras und die pfluglose Bodenbearbeitung, negativ für die Bodenfauna waren auf der konventionell bewirtschafteten Fläche hauptsächlich der enge Fruchtwechsel mit sehr intensiven Anbaufrüchten und eine nicht immer standortgerechte intensive Bodenbearbeitung. Hervorzuheben ist, dass die Regenwurm-Biomasse, die letzten Endes für den Stoffumsatz im Boden und die Förderung der Bodenstruktur relevant ist, auf der ökologisch bewirtschafteten Fläche und der Ödlandfläche keine signifikanten Unterschiede aufweist.

Literatur bei Bauchhenß, Johannes: Vergleichende bodenzoologische Untersuchungen auf konventionell und ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen. (Vortrag 114 VDLUFA ID: 135, Sitzung 10.)

Molekularer Nachweis neuer bakterieller Hauptentwicklungslinien in gefluteten Reis-Mikrokosmen

Derakshani, Manigee (Marburg)¹; Liesack, Werner

In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl kultivierungsunabhängiger, molekularer Studien zur Erfassung der mikrobiellen Diversität in verschiedenen Lebensräumen durchgeführt (Ward *et al.*, 1990; Fuhrman *et al.*, 1992; Liesack und Stackebrandt, 1992; Hugenholtz *et al.*, 1998a; Dojka *et al.*, 1998; Großkopf *et al.*, 1998). Als molekularer Marker diente hierfür vorwiegend die 16S rRNA bzw. das kodierende Gen (16S rDNA). Die Ergebnisse dieser Analysen zeigten eindrucksvoll, daß sich nur ein kleiner Teil der in der Umwelt tatsächlich vorhandenen Mikroorganismen in Kultur befindet. Einige der beschriebenen Divisionen der *Bacteria* scheinen demnach durch Reinkulturen relativ gut repräsentiert zu sein, wie z. B. die *Proteobacteria*, wohingegen andere Divisionen der *Bacteria* mit einer vergleichbaren phylogenetischen Diversität lediglich durch wenige Reinkulturen vertreten sind. Für die *Holophaga-Acidobacterium*-Gruppe beispielsweise wurde eine Fülle von Umweltsequenzen gefunden, zu denen aber bisher keine entsprechenden Reinkulturen vorliegen (Ludwig *et al.*, 1997).

Ein weiteres Beispiel sind die Planctomyceten, eine der Hauptentwicklungslinien innerhalb der Domäne *Bacteria*. Bislang sind aus der Gruppe der Planctomyceten vier Gattungen und sieben Species taxonomisch beschrieben worden. Dabei werden die zwei Gattungen *Gemmata* und *Isosphaera* jeweils durch ein einziges Isolat repräsentiert. Reinkulturen von Planctomyceten wurden aus verschiedenen aquatischen Lebensräumen erzielt und in diesem Milieu als weitverbreitet beschrieben (Fuerst, 1995). Durch molekularökologische Untersuchungen konnten Planctomyceten auch in terrestrischen Habitaten nachgewiesen werden (Liesack und Stackebrandt, 1992; Zarda *et al.*, 1997; Neef *et al.*, 1998); sie konnten jedoch aus Bodenhabitaten bislang nicht isoliert werden (Liesack *et al.*, 1992; Ward *et al.*, 1995). Physiologisch werden Mitglieder der Planctomyceten als chemoheterotrophe Organismen beschrieben, welche entweder obligat und fakultativ aerob sind. Die phylogenetische Tiefe innerhalb der Gruppe ist vergleichbar mit der anderer Divisionen der *Bacteria*, wie z. B. mit den *Proteobacteria* (Fuerst, 1995). Aufgrund dessen wird auch innerhalb der Planctomyceten eine größere metabolische Vielfalt angenommen als bislang durch Reinkulturen belegt ist, insbesondere das Vorkommen von anaeroben, phototrophen oder autotrophen Organismen (Fuerst, 1995). Diese Annahme wird unterstützt durch Befunde aus einer Anreicherung, in der die anaerobe Ammoniak-Oxidation chemolithoautotrophen Organismen aus der Gruppe der Planctomyceten zugeordnet werden konnte (Strous *et al.*, 1999).

In der vorliegenden Arbeit wurden das Vorkommen und die Diversität von Planctomyceten in oxischen (Wurzel) und anoxischen (Boden) Standorten gefluteter Reis-Mikrokosmen vergleichend analysiert. Die Diversität innerhalb dieser Organismengruppe wurde anhand eines gruppenspezifischen PCR-Systems zur Amplifikation von 16S rDNA untersucht. Da Reinkulturen von Planctomyceten als aerobe Organismen charakterisiert sind (Fuerst, 1995), konnten sie an der zumindest teilweise oxischen Reiswurzeloberfläche erwartet werden.

Für den molekularen Nachweis wurde der gruppenspezifische 5'-Primer PLA 40 formuliert, der durch eine vergleichende Sequenzanalyse von ca. 4000 bekannten 16S rRNA-Sequenzen als spezifisch für die PCR-Amplifikation der 16S rRNA-Gene

¹ eMail: deraksha@mail.uni-marburg.de

von Planctomyceten postuliert worden war. Als 3'-Gegenprimer wurde ein universeller Primer (EUB 1492r, Weisburg *et al.*, 1991) zur Amplifikation der 16S rDNA verwendet. Versuche mit Reinkulturen, die zwei Basenfehlpaarungen zum Primer PLA 40 aufwiesen, ließen die Koamplifikation von 16S rRNA-Genen aus der Gruppe der Chlamydien und der Verrucomicrobien neben 16S rRNA-Genen der Planctomyceten erwarten. Die Chlamydien und Verrucomicrobien wurden in der Literatur zusammen mit den Planctomyceten unter dem Namen „Planctomyceten und Verwandte“ zusammengefaßt, da die verschiedenen Organismengruppen gemeinsame Signaturnukleotide besitzen (Woese, 1987). Mittlerweile haben die *Verrucomicrobia* den Status einer eigenen Division innerhalb der *Bacteria* (Hedlund *et al.*, 1997).

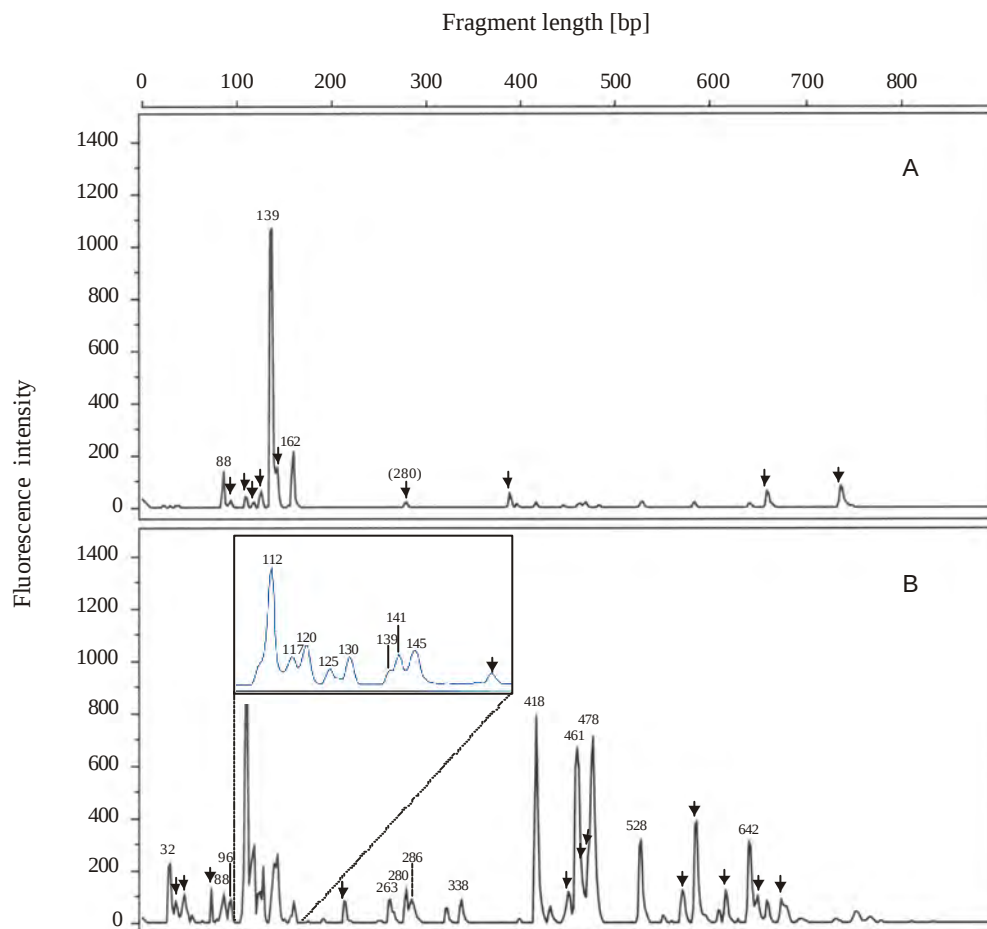


Abb.1: Analyse der markierten terminalen Restriktionsfragmente (T-RFs) nach Restriktions-Verdau der PCR-amplifizierten 16S rDNA-Umweltsequenzen. Ausgangspunkt für die Analysen waren DNA-Extrakte von 90 Tage alten Reiswurzeln (A) und aus einem 90 Tage alten undurchwurzelter Reisfeldboden (B). Die x-Achse gibt die Signalintensität der einzelnen T-RFs in relativen Einheiten an, während auf der y-Achse die Größe der einzelnen T-RFs in Basenpaaren wiedergegeben wird.

Die erzielten PCR-Produkte wurden einerseits mittels terminaler Restriktions-Fragment-Längen-Polymorphismus (T-RFLP)-Analyse sowie andererseits mittels Klonierung und vergleichender Sequenzierung ausgewählter 16S rDNA-Klone untersucht. Die T-RFLP-Fingerabdrücke zeigten, daß das neu-entwickelte PCR-Assay im anoxischen Reisfeldboden eine phylogenetisch deutlich komplexere bakterielle Gemeinschaft detektierte als an der Reiswurzel (Abb.1). Die Kombination aus T-RFLP-Analyse und vergleichender Sequenzierung von 16S rDNA-Klonen

fürte an der Reisswurzel fast ausschließlich zum Nachweis der Zielgruppe, insbesondere von einer phylogenetisch kohärenten Gruppe zugehörig der Gattung *Pirellula* (139-bp T-RF, Abb. 1A).

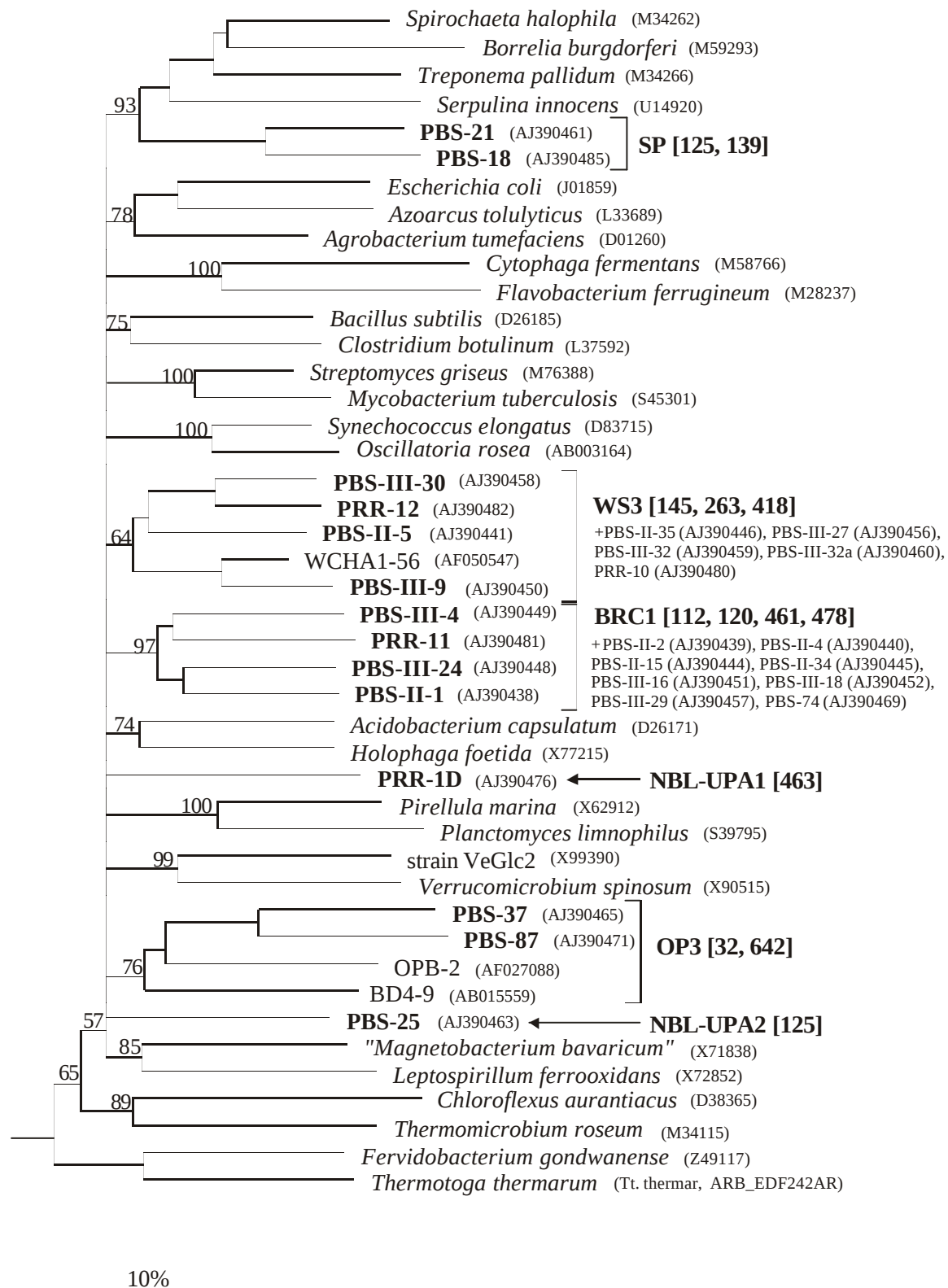


Abb. 2: In dem Dendrogramm wird die phylogenetische Verwandtschaft von Umweltsequenzen erzielt von der Reisswurzel (PRR) und aus 90 Tage alten, undurchwurzeltem Reisfeldboden (PBS) in Relation zu Referenzorganismen der *Bacteria* gezeigt. Die Zahl in eckigen Klammern gibt die Größe der TRFs der betreffenden 16S rDNA-Klone an (vgl. mit den TRFLP-Umweltanalysen in Abb. 1). Der Maßstab entspricht 10% Nukleotidaustausch.

Hingegen wurden im anoxischen Reisfeldboden eine wesentlich höhere Diversität von Mitgliedern der Planctomyceten detektiert. Dabei wurden neben Umweltsequenzen der Gattung *Pirellula* 16S rRNA-Gene nachgewiesen, die auf Mikroorganismen aus bisher nicht bekannten Untergruppen der Planctomyceten hinweisen. Die vier detektierten Untergruppen besitzen nur eine entfernte Verwandtschaft zu den beschriebenen Gattungen der *Planctomycetales* und es ist möglich, daß es sich um Vertreter der postulierten anaeroben Planctomyceten handelt.

Insgesamt wurden in dieser Studie elf Entwicklungslinien nachgewiesen, die mehr als 20% Sequenzunterschiede zu 16S rRNA-Sequenzen der durch Reinkulturen charakterisierten Divisionen aufweisen. Wie bereits oben erwähnt, konnten vier dieser Linien über phylogenetische Verrechnungsmethoden in die Gruppe der Planctomyceten eingeordnet werden (Stammbaum nicht gezeigt).

Überraschend war jedoch, daß fünf der detektierten Entwicklungslinien weder zur Zielgruppe dieser Untersuchung noch zu anderen Divisionen der *Bacteria* zugeordnet werden konnten (WS3, BRC1, NBL-UPA1, OP3 und NBL-UPA2, Abb. 2). Der molekulare Nachweis dieser Entwicklungslinien deutet auf die Existenz weiterer bakterieller Hauptentwicklungslinien hin, für welche bislang keine Reinkulturen vorhanden sind. Zudem weist es auf eine enorme mikrobielle Diversität im Reisfeldboden hin, welche mit PCR-Systemen, die als universell für Mitglieder der Domäne *Bacteria* betrachtet werden, bisher nicht erfaßt worden ist. Das Ergebnis zeigt außerdem, daß die als hochspezifisch für Planctomyceten betrachteten Sequenzsignaturen, die dem PCR-System zugrunde liegen, häufiger innerhalb von Hauptentwicklungslinien der Domäne *Bacteria* realisiert sind als bislang angenommen wurde.

Literatur

- Dojka M. A., P. Hugenholtz, S. K. Haack und N. R. Pace. 1998.** Microbial diversity in a hydrocarbon- and chlorinated-solvent-contaminated aquifer undergoing intrinsic bioremediation. *Appl. Environ. Microbiol.* 64:3869-3877.
- Großkopf, R., S. Stubner und W. Liesack. 1998.** Novel euryarchaeotal lineages detected on rice roots and in the anoxic bulk soil of flooded rice microcosms. *Appl. Environ. Microbiol.* 64:4983-4989.
- Groves, D. J. und V. Clark. 1987.** Preparation of ribonucleic acid probes specific for *Bacteroides fragilis*. *Diagn. Microbiol. Infect. Dis.* 7:273-278.
- Liesack, W., und E. Stackebrandt. 1992a.** Occurrence of novel groups of the domain *Bacteria* as revealed by analysis of genetic material isolated from an australian terrestrial environment. *J. Bacteriol.* 174:5072-5078.
- Fuerst, J. A. 1995.** The *Planctomyces*-emerging models for microbial ecology, evolution and cell biology. *Microbiology* 141:1493-1506.
- Fuhrman, J. A., K. McCallum und A. A. Davis. 1992.** Novel major archaeobacterial group from marine plankton. *Nature* 356:148-149.
- Hedlund, B. P., J. J. Gosink und J. T. Staley. 1997.** *Verrucomicrobia* div. nov., a new division of the Bacteria containing three new species of *Prostheco bacter*. *Ant. Leeuwenhoek* 72:29-38.
- Hugenholtz, P., C. Pitulle, K. L. Hershberger und N. R. Pace. 1998a.** Novel division level bacterial diversity in a Yellowstone hot spring. *J. Bacteriol.* 180:366-376.

- Hugenholtz, P., B. M. Goebel und N. R. Pace. 1998b.** Impact of culture-independent studies on the emerging phylogenetic view of bacterial diversity. *J. Bacteriol.* 180:4765-4774.
- Ludwig, W., S. Bauer, M. Bauer, I. Held, G. Kirchhof, R. Schulze, I. Huber, S. Spring, A. Hartmann und K. H. Schleifer. 1997.** Detection and in situ identification of representatives of a widely distributed new bacterial phylum. *FEMS Microbiol. Lett.* 153:181-190.
- Neef, A., R. Amann, H. Schlesner und K. H. Schleifer. 1998.** Monitoring a widespread bacterial group: in situ detection of planctomycetes with 16S rRNA-targeted probes. *Microbiology.* 144:3257-3266.
- Strous M., Fuerst J.A., Kramer E.H.M., Logemann S., Muyzer G., van de Pas-Schoonen K.T., Webb R., Kuenen J.G. und M.S.M. Jetten 1999. **Missing lithotroph identified as new planctomycete.** *Nature.* 400(6743):446-449.
- Ward, D. M., R. Weller und M. M. Bateson. 1990. **16S rRNA sequences reveal numerous uncultured microorganisms in a natural community.** *Nature* 345:63-65.
- Ward, N., F. A. Rainey, B. Goebel und E. Stackebrandt. 1995.** Identifying and culturing the 'Unculturables': A challenge for microbiologists. *In:* D. Allsopp, R. R. Colwell und D. L. Hawskworth (Hrsg.). *Microbial Diversity and Ecosystem Function.* CAB International, Wallingford, Oxon, UK
- Weisburg, W. G., S. M. Barns, D. A. Pelletier und D. J. Lane. 1991.** 16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. *J. Bacteriol.* 173:679-703.
- Woese, C. R. 1987.** Bacterial evolution. *Microbiol. Rev.* 51:221-271.
- Zarda B., D. Hahn, A. Chatzinotas, W. Schoenhuber, A. Neef, R. I. Amann und J. Zeyer. 1997.** Analysis of bacterial community structure in bulk soil by in situ hybridization. *Arch. Microbiol.* 168:185-192.

Veränderungen in der bakteriellen Populationszusammensetzung entlang einem vertikalen Sauerstoffgradienten in geflutetem Reisfeldboden

Derakshani, Manigee (Marburg)¹; Lüdemann, Heiner; Arth, Inko; Liesack, Werner

Die Bedeutung von Sauerstoff für die Ausprägung der strukturellen Zusammensetzung bakterieller Gemeinschaften wurde an gefluteten Kernen von undurchwurzelter Reisfeldboden untersucht. Nach einer Woche Inkubation hatte sich ein steiler Sauerstoffgradient ausgebildet. Dieser erniedrigte sich von einer Konzentration von 140 μM O_2 an der Grenzfläche Flutwasser/Reisfeldboden hin zu nicht mehr nachweisbaren Konzentrationen in einer Tiefe von 2 mm und unterhalb davon. Die oberen 2 cm der Bodenkerne wurden in 200- μm Schnitten abgetragen, die Gesamt-DNA aus den einzelnen Schnitten extrahiert und ein molekulares 16S rDNA-„Fingerprint“-Muster der bakteriellen Lebensgemeinschaft via terminaler Restriktions- Fragment-Längen-Polymorphismus (T-RFLP)-Analyse (Liu et al. 1997, Lukow et al., 2000) generiert. Der experimentelle Aufbau ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

Die T-RFLP-Methode ermöglicht einen schnellen Nachweis von Sequenzheterogenitäten zwischen PCR-amplifizierten 16S rRNA-Genen (rDNA). In Umweltanalysen kommen dabei zumeist PCR-Assays zur Anwendung, welche weitgehend universell für Mitglieder der Domänen *Bacteria* und/oder *Archaea* sind. Das PCR-Produkt besteht daher aus einem komplexen Gemisch unterschiedlicher 16S rDNA-Sequenztypen. Für die T-RFLP-Analyse ist einer der beiden verwendeten Primer am 5' Ende mit einem fluoreszierenden Farbstoff markiert, so daß nach der PCR alle Sequenzen terminal fluoreszenzmarkiert sind. Das PCR-Produkt wird dann mit dem Restriktionsenzym *MspI* geschnitten und die terminalen Restriktionsfragmente (T-RFs) mittels Genescan-Analyse auf einem ABI-Sequenziergerät in Abhängigkeit von ihrer Größe detektiert. Dabei zeigten sich zwei deutlich voneinander abgrenzbare „Fingerprint“-Muster, die zum einen die oxische Zone entlang der Grenzfläche Flutwasser/Boden und zum anderen den anoxischen Boden in einer Tiefe ≥ 2.0 mm charakterisierten (Abb. 2). Für die oxische und anoxische Zone der Bodenkerne wurden 16S rDNA-Klonbibliotheken angelegt, die klonierten 16S rRNA-Gene vergleichend sequenziert sowie mittels der T-RFLP-Methode analysiert. Durch diese vergleichende Untersuchung konnten definierte T-RFs mit phylogenetischer Information verknüpft werden und somit die An- bzw. Abwesenheit bestimmter phylogenetischer Gruppen mit den gemessenen Sauerstoffkonzentrationen korreliert werden.

¹ eMail: deraksha@mail.uni-marburg.de

Aufbau des Experiments

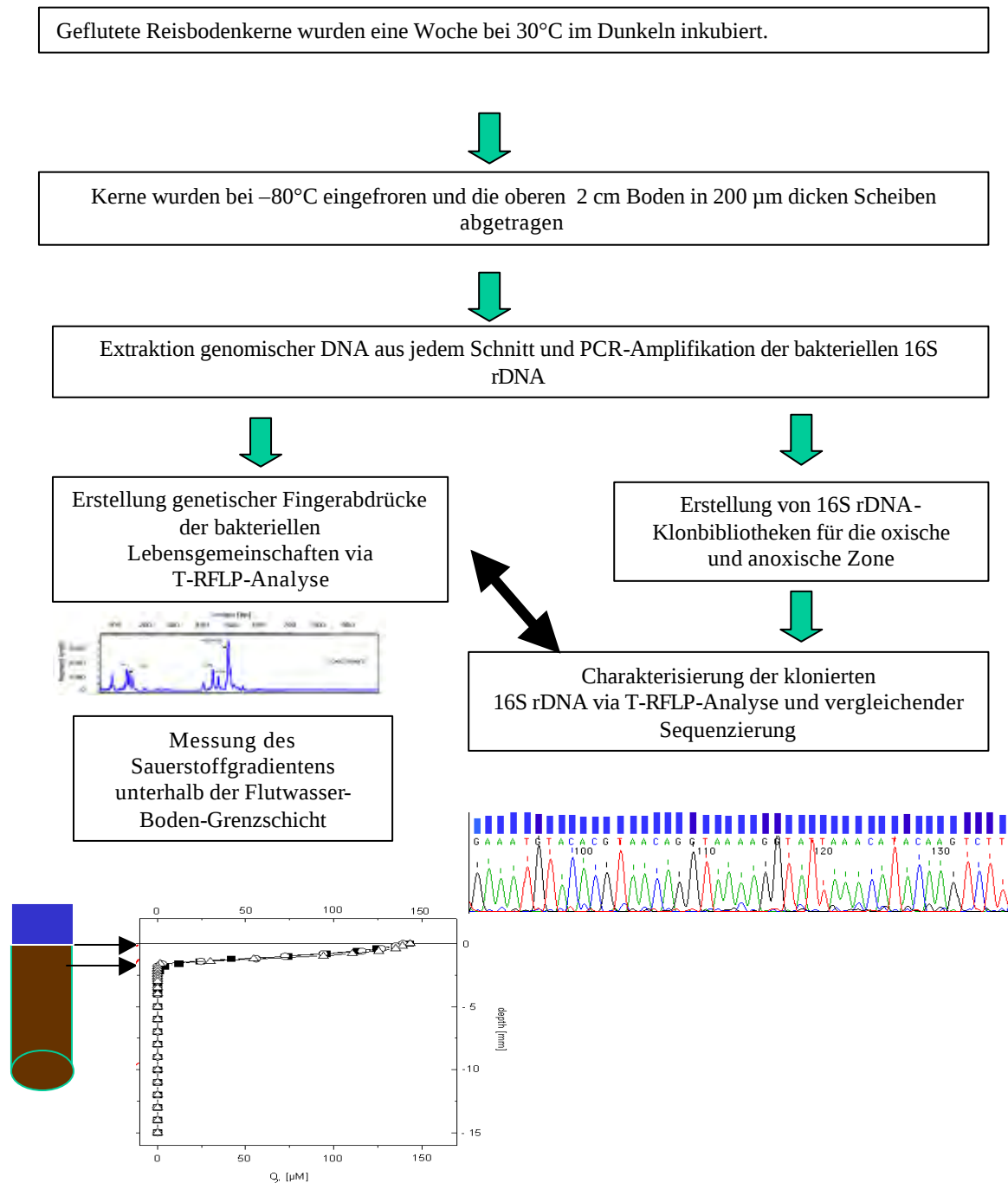


Abb.1: Experimenteller Aufbau

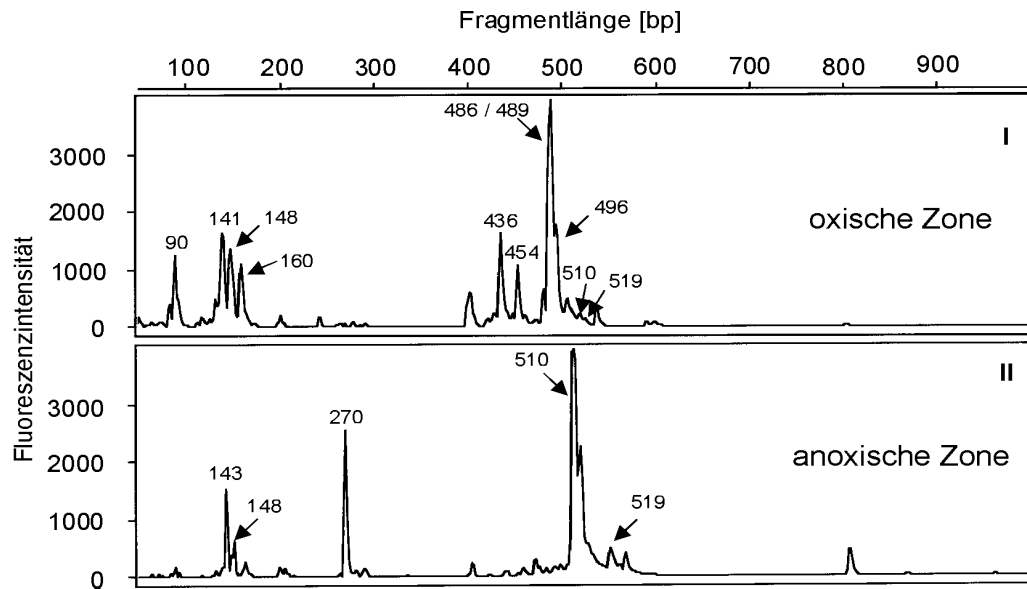


Abb.2: T-RFLP-basierende 16S rDNA-“Fingerprint“-Muster bakterieller Lebensgemeinschaften der (I) oxischen und (II) anoxischen Zone gefluteter Bodenkerne von undurchwurzeltem Reisfeldboden. Die x-Achse gibt die Signalintensität der einzelnen T-RFs in relativen Einheiten an, während auf der y-Achse die Größe der einzelnen T-RFs in Basenpaaren wiedergegeben wird.

Die Transition vom oxischen hin zum anoxischen Milieu innerhalb der oberen 2-mm Schicht korrespondierte zu einem allmählichen Übergang zwischen den beiden deutlich unterschiedlichen “Fingerprint“-Mustern (Abb. 2-I vs. 2-II). Für die oxische Zone waren T-RFs mit einer Länge von 90, 141, 148, 436, 454 und 486/489 Basenpaaren charakteristisch. Diese konnten strikt aeroben oder fakultativen Mitgliedern der alpha- und beta-Subklasse der *Proteobacteria* bzw. Mitgliedern der CFB-Gruppe zugeordnet werden. Hingegen waren die für das anoxische Milieu charakteristischen T-RFs mit einer Länge von 270, 510 und 519 Basenpaaren indikativ für verschiedene Subgruppen der Gattung *Clostridium* und das 143-Basenpaar T-RF für Mitglieder der Gattung *Bacillus*. Die Extraktion von Gesamt-RNA und die Umschreibung der 16S rRNA-Fraktion in ribosomale “copyDNA” gefolgt von der T-RFLP-Analyse resultierte in zur rDNA-Schiene sehr ähnlichen “Fingerprint“-Mustern. Dies weist darauf hin, daß die im oxischen und anoxischen Milieu numerisch bedeutenden Populationen auch die metabolisch aktiven Gruppen waren.

In der Summe zeigen unsere Ergebnisse, daß sich die Zusammensetzung der bakteriellen Lebensgemeinschaft in den Bodenkernen in Abhängigkeit vom Sauerstoffgradienten entlang einem Tiefenprofil von ca. 2 mm vollkommen verändert.

Literatur

Liu W. T., T. L. Marsh, H. Cheng und L. J. Forney. 1997. Characterization of microbial diversity by determining terminal restriction fragment length polymorphisms of genes encoding 16S rRNA. *Appl. Environ. Microbiol.* 63:4516-4522.

Lukow T., Dunfield P.F., Liesack W. 2000. Use of the T-RFLP technique to assess spatial and temporal changes in the bacterial community structure within an agricultural soil planted with transgenic and non-transgenic potato plants. *FEMS Microbiology Ecology*. 32(3):241-247.

Paarvergleiche bodenmikrobiologischer Parameter auf biologisch bzw. integriert bewirtschafteten Praxisparzellen

Oberholzer, Hans-Rudolf (Zürich)¹; Mäder, Paul

Einleitung

Die Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit ist für eine nachhaltige Landwirtschaft von grosser Bedeutung. Für die Erfassung der Bodenfruchtbarkeit sind bodenmikrobiologische Parameter vorzüglich geeignet, weil sie ihrerseits massgeblich von den chemischen und physikalischen Eigenschaften eines Bodens abhängig sind. Eine der wichtigsten Funktionen üben die Bodenmikroorganismen in Bezug auf die Stoffumsetzungen aus. Die Mineralisierung von organischen Substanzen aus Ernteresten und organischen Düngern ist in allen Anbauverfahren wichtig, speziell jedoch – bedingt durch den weitgehenden Verzicht auf leicht lösliche mineralische Dünger - in biologischen Anbausystemen.

In faktorisierten Exaktversuchen wie dem DOK-Versuch in Therwil, Schweiz, weisen biologische Verfahren deutlich höhere Mengen und Aktivitäten von Bodenmikroorganismen auf (Mäder, 1991 und Oberholzer et al., 2000). Unter Praxisbedingungen durchgeführte Untersuchungen zeigen diesbezüglich allerdings ein uneinheitliches Bild. Das Ziel der hier vorgestellten Feldstudie war es deshalb, unter Praxisbedingungen in der Schweiz zu überprüfen, wieweit die Ergebnisse aus dem DOK-Versuch verallgemeinert werden können.

Material und Methoden

In den Jahren 1997 und 1998 wurde auf Praxisbetrieben in der Schweiz eine Untersuchung durchgeführt, um Paare von Parzellen, die nach den Richtlinien des biologischen Landbaues bzw. der integrierten Produktion bewirtschaftet werden, zu vergleichen. Jeweils im Frühjahr wurden 14 biologisch und unmittelbar benachbarte integriert bewirtschaftete Wintergetreideparzellen beprobt. Dabei wurde speziell auf die bodenkundliche Vergleichbarkeit der beiden Parzellen geachtet. Zudem mussten Biobetriebe länger als 10 Jahre biologisch wirtschaften, und in den ausgewählten Parzellen sollte als Vorkultur keine Kunstwiese angebaut worden sein. In jeder Parzelle wurden Proben in 4 Teilparzellen von 10 x 10 m aus einer Tiefe von 0 – 20 cm entnommen und jeweils separat untersucht. An den Proben wurden folgende Untersuchungen durchgeführt: Mikrobielle Biomasse (C_{mic} bestimmt mit der SIR- und der FE-Methode), Bodenatmung (Basalatmung, BA), N-Mineralisation im aeroben Brutversuch (N_{ink}), pH-Wert, P-, K-, Mg- und C_{org} -Gehalt sowie Körnung. Für den Vergleich der mikrobiologischen Parameter wurden nur die Parzellenpaare ohne bedeutende Unterschiede in den abiotischen Parametern (C_{org} , pH, Körnung) verwendet. 24 der 28 Vergleichspaare erfüllten diese Bedingung.

Resultate

Bei der Auswertung wurden 2 verschiedene Ansätze gewählt. Zuerst wurden Mittelwert und Spannweite aller biologisch bzw. integriert bewirtschafteten Parzellen berechnet und mittels paarweisem t-Test auf Signifikanz geprüft (Tab. 1). Das Hauptgewicht wurde aber auf die direkten Vergleiche der einzelnen Paare gelegt, d.h. für jedes einzelne Vergleichspaar wurden die Mittelwerte aller Parameter auf Unterschiede zwischen biologischer und integrierter Parzelle geprüft. Als unterschiedlich wurde ein Vergleich bewertet, wenn er statistisch signifikant und

¹ eMail: hansrudolf.oberholzer@fal.admin.ch

bedeutend, d.h. grösser als 10 % war. Die Zusammenfassung aller Ergebnisse ist in Abb. 1 dargestellt.

- Tab 1: Vergleich biologisch bzw. integriert bewirtschafteter Praxisparzellen: Mittelwert (MW) über alle Parzellen mit gleicher Bewirtschaftung und Bereich (Min. = Minimum; Max. = Maximum) der abiotischen und mikrobiologischen Bodenkennwerte sowie Irrtumswahrscheinlichkeit p, paarweiser t-Test mit n=24; n.s. = nicht signifikant.

	Bio			IP			p
	MW	Min.	Max.	MW	Min.	Max.	
pH(CaCl ₂)	6.59	5.51	7.30	6.42	5.05	7.30	0.04
C _{org} [Gew. %]	2.22	1.30	4.54	2.21	1.29	3.66	n.s.
Ton [Gew. %]	26	16	44	27	16	44	n.s.
mikrobielle Biomasse (FE) [mg BM-C / kg Boden]	677	275	1173	638	261	1140	n.s.
N-Mineralisierung [ppm NO ₃ - N / kg Boden * d]	1.33	0.62	2.10	1.07	0.44	1.69	0.01
Basalatmung [mg CO ₂ / kg Boden * 24 h]	61.1	34.4	100.4	56.2	29.4	93.6	n.s.
metabolischer Quotient (qCO ₂)	1.06	0.78	1.59	1.05	0.55	1.50	n.s.
C _{mic} /C _{org}	3.10	1.73	4.48	2.89	1.60	3.97	n.s.

Die Werte der chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften, sowohl bezüglich des Mittelwertes wie auch bezüglich Minimal- und Maximalwert, bestätigten die Vergleichbarkeit der ausgewählten Parzellen. Die Differenz im pH-Wert war zwar signifikant, aber gering, sodass daraus keine massgebliche Beeinflussung der bodenmikrobiologischen Parameter zu erwarten war. Damit war sichergestellt, dass allfällige Unterschiede wirklich auf die Bewirtschaftung zurückgeführt werden konnten. Die Mittelwerte der mikrobiologischen Parameter aller Parzellen unterschieden sich zwischen den beiden Anbausystemen nicht deutlich. Die Unterschiede waren geringer als 10 % und mit Ausnahme der N-Mineralisation im Brutversuch nicht signifikant.

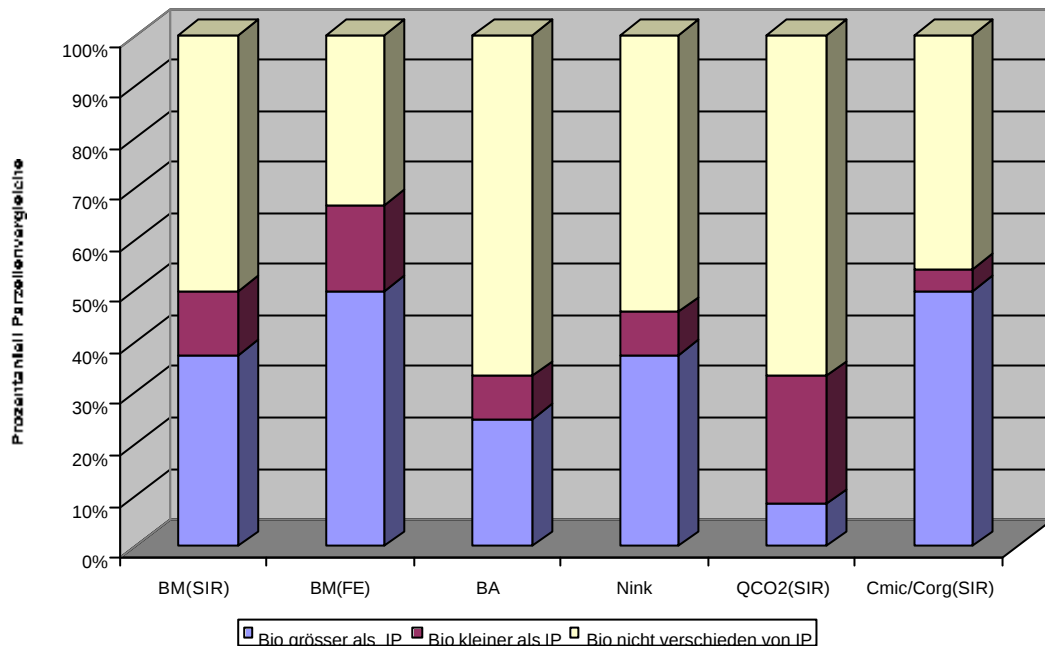


Abb. 1: Relative Häufigkeit dass biologisch bewirtschaftete Parzellen in der Praxis bezüglich mikrobiologischer Parameter höher, tiefer oder gleich wie integriert bewirtschaftete Parzellen waren. Ergebnisse aller Paarvergleiche (n=24) für die bodenmikrobiologischen Parameter mikrobielle Biomasse (SIR- bzw. FE-Methode; BM(SIR) , BM(FE)), Basalatmung (BA) und N-Mineralisierung im Brutversuch (Nink) sowie der beiden berechneten Kennwerte metabolischer Quotient (qCO_2) und C_{mic}/C_{org} -Verhältnis. Als unterschiedlich wurde ein Wert betrachtet, wenn sich die Differenz zwischen Bio und IP statistisch absichern liess und grösser als 10 %, also biologisch relevant war.

Die Paarvergleiche zeigten in 54 % der Fälle für die direkt gemessenen Parameter mikrobielle Biomasse, Basalatmung bzw. N-Mineralisation im Brutversuch keine bedeutenden (statistisch signifikant und relevant, d.h. Differenzen Bio-IP grösser 10 %) Unterschiede zwischen den Anbausystemen, in 10 % der Fälle höhere Werte für die IP-Parzellen und in 36 % der Fälle höhere Werte für die biologisch bewirtschafteten Parzellen. Die Ergebnisse für den daraus berechneten metabolischen Quotienten, bei dem tiefere Werte für die Bodenfruchtbarkeit als günstiger beurteilt werden (Oberholzer und Höper 2000), zeigten eine analoge, aber umgekehrte Verteilung der Unterschiede zwischen biologisch und integriert bewirtschafteten Parzellen. Das C_{mic}/C_{org} -Verhältnis war in 44 % der Fälle gleich, dagegen bei den biologisch bewirtschafteten Parzellen in 10 % der Fälle tiefer und in 46 % der Fälle höher.

Diskussion

Ausgehend von den im DOK-Versuch wiederholt festgestellten und in der letzten Fruchtfolgeperiode stabilen Unterschieden bei bodenbiologischen Parametern stellt sich die Frage, wieweit die in faktorisierten Exaktversuchen festgestellten Unterschiede zwischen den Anbausystemen in der Praxis verallgemeinert werden können. Deshalb wurden diese Paarvergleiche auf Praxisbetrieben durchgeführt. Durch die konsequente Beachtung der standörtlichen Voraussetzungen der Parzellenpaare ist die Rückführung der gefundenen Unterschiede auf die Bewirtschaftung berechtigt.

Bezogen auf die Anzahl der Paare kann diese Untersuchung zwar nicht als repräsentativ betrachtet werden. Sie ist aber im internationalen Vergleich eine der grössten derartigen Arbeiten und erlaubt durchaus Rückschlüsse auf die Verhältnisse in der Praxis. Die Ergebnisse stimmen nur in rund einem Drittel der Fälle (bzw. Paare) mit denjenigen überein, die im DOK-Versuch gefunden werden. In etwa zwei Dritteln aller Fälle lässt sich die Aussage, biologische Bewirtschaftung wirke sich günstiger auf bodenmikrobiologische Parameter aus als integrierte Bewirtschaftung, nicht bestätigen. Beide Ergebnisse stimmen weitgehend mit Literaturangaben überein. So lässt sich in den meisten Exaktversuchen, in denen Bewirtschaftungssysteme miteinander verglichen werden, feststellen, dass sich biologische Bewirtschaftung fördernd auf die Bodenmikroorganismen auswirkt. Ergebnisse von Studien mit Praxisvergleichen führen aber zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen: So wurde in einer FiBL-Studie, die Publikationen von 16 derartigen Untersuchungen ausgewertet hat, gefolgert, dass bei keinem der Parameter ein eindeutiger Einfluss der Bewirtschaftungsweise festgestellt werden konnte (Jungnickel 1997).

Als Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse aus Exaktversuchen und Praxisvergleichen kommen verschiedene Faktoren in Frage:

- Exaktversuche werden oft in Kleinparzellen angelegt, in denen wichtige Einflüsse wie Befahrungen nicht praxiskonform erfolgen.
- Nach den Richtlinien der Bewirtschaftungssysteme ist ein breiter Bereich von Bewirtschaftungsmassnahmen möglich, der von den einzelnen Landwirten in der Praxis individuell umgesetzt wird. Bei Exaktversuchen muss für jedes Bewirtschaftungssystem genau eine Möglichkeit gewählt werden, was häufig dazu führt, dass die Auswahl unterschiedlich ausfällt.
- Die Bewirtschaftungseinflüsse können auf unterschiedlichen Standorten zu unterschiedlichen Ergebnissen führen; Exaktversuche zeigen die Auswirkungen an einem bestimmten Standort auf.

Sowohl aufgrund der durchgeführten als auch der zitierten Arbeiten ergibt sich, dass die Bewirtschaftungssysteme die Bodenfruchtbarkeit, erfasst mittels bodenmikrobiologischer Parameter, in der landwirtschaftlichen Praxis weniger eindeutig beeinflussen als im Exaktversuch. Die Boden fruchtbarkeit lässt sich sowohl durch integrierte wie auch biologische Bewirtschaftung fördern. Entscheidend ist, ob der Landwirt im Einzelfall standortsgemässe, situationsgerechte Bewirtschaftungsmassnahmen auswählt und entsprechend geeignete Hilfsmittel einsetzt.

Literatur

Jungnickel, C., 1997: Vergleichende Untersuchungen zur Bodenfruchtbarkeit auf biologisch und konventionell bzw. integriert bewirtschafteten Betrieben, Bericht FiBL.
Mäder P., Pfiffner L., Jäggi W., Wiemken A., Niggli U. und Besson J.-M., 1993: DOK-Versuch: Vergleichende Langzeituntersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-Dynamisch, Organisch-biologisch und Konventionell. III. Boden: Mikrobiologische Untersuchungen. Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung, 32 (4): 509-545.

Oberholzer H.-R. und Höper H., 2000: Reference systems for the microbiological evaluation of soils. VDLUFA Kongressband 2000 Stuttgart-Hohenheim. Generalthema "Nachhaltige Landwirtschaft" Teil II Beiträge zum Thema "Biologische Bewertung von Böden". VDLUFA Schriftenreihe 55/II - 2000. pp19-34

Oberholzer H.R., Mäder P. and Fliessbach A. 2000. DOC-trial: 20 years of organic and conventional farming affect soil microbial properties. Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference. p14.

Erweiterung der Biodiversität in der Züchtung von Raps (*Brassica napus* L.)

**Lühs, Wilfried (Giessen)¹; Seyis, Fatih; Spiller, Tobias; Baetzel, Roland;
Snowdon, Rod; Friedt, Wolfgang**

Die intensive Qualitätszüchtung (Erucasäurefreiheit, Glucosinolatarmut, 00-Qualität) ist Ursache einer vergleichsweise engen genetischen Basis im aktuellen Sortiment von Winterraps (*Brassica napus* L.). Im Interesse einer weiteren Stärkung der Konkurrenzfähigkeit als Körnerölfrucht ist es ein vorrangiges Zuchtziel, das genetische Potenzial im Hinblick auf den Korn- und Ölertrag noch besser auszuerschöpfen. Die Ertragszüchtung erfährt daher heutzutage durch die Erzeugung von Rapshybriden eine folgerichtige Weiterentwicklung, wobei neben der Eigenleistung das Vorhandensein nutzbarer genetischer Diversität zwischen den potenziellen Kreuzungspartnern - als Voraussetzung für eine gute Kombinationsfähigkeit - von entscheidender Bedeutung ist.

Neue Genpools für die Hybridzüchtung

Zur Erweiterung der züchterisch nutzbaren genetischen Variation werden Ansätze verfolgt, die vorhandenen genetischen Ressourcen - wie z.B. Genbanksortimente oder altes Zuchtmaterial - im Hinblick auf interessante Zuchtziele und Fragestellungen (z.B. Schädlings- und Krankheitsresistenzen) zu evaluieren und mit modernem Qualitätsraps zu kombinieren, um auf diesem Wege genetisch verbesserte Populationen zu erstellen (Lühs et al. 2002a). Ein Schwerpunkt der Arbeiten liegt daher auf der Entwicklung eines leistungsfähigen Formenkreises, aufbauend auf alten erucasäure- und glucosinolathaltigen Sorten (sog. ++-Material), der über eine Qualitätskonversion und in bezug auf seine Kombinationsfähigkeit zu sterilen 00-Rapslinien (erucasäurefrei und glucosinolatarm) verbessert wird. Das wesentliche Ziel ist es, die „Kombinationsfähigkeit“ im Hinblick auf relevante Merkmale, wie Ölgehalt, Kornertrag, Erucasäure- und Glucosinolat-Gehalt, etc., in einer QTL-Kartierung mit Hilfe von molekularen Markern, wie z.B. Amplified Fragment Length Polymorphisms (AFLP) oder Mikrosatelliten (SSR, Simple sequence repeats), zu erfassen, um so schon frühzeitig die zu erwartenden Heterosiseffekte der Nachkommen schätzen zu können (Abb. 1).

Erweiterung der genetischen Diversität von Raps durch weite Kreuzungen (Resynthesen)

Einen noch stärker grundlegenden Ansatz stellt die züchterische Nutzung von neu synthetisierten Rapsformen aus interspezifischen *Brassica*-Kreuzungen dar. So liefert die Erstellung von synthetischen *B. napus*-Formen wertvolles Basismaterial für die weitere züchterische Bearbeitung von Krankheits- und Schädlingsresistenzen sowie von Qualitätseigenschaften - wie im vorliegenden Fall „hoher Erucasäure-Gehalt“ für industrielle Nutzenwendungen (Lühs et al. 1994, 2002b, Lühs und Friedt 1995, 1999, Seyis et al. 2001).

¹ eMail: wilfried.luehs @agrar.uni-giessen.de

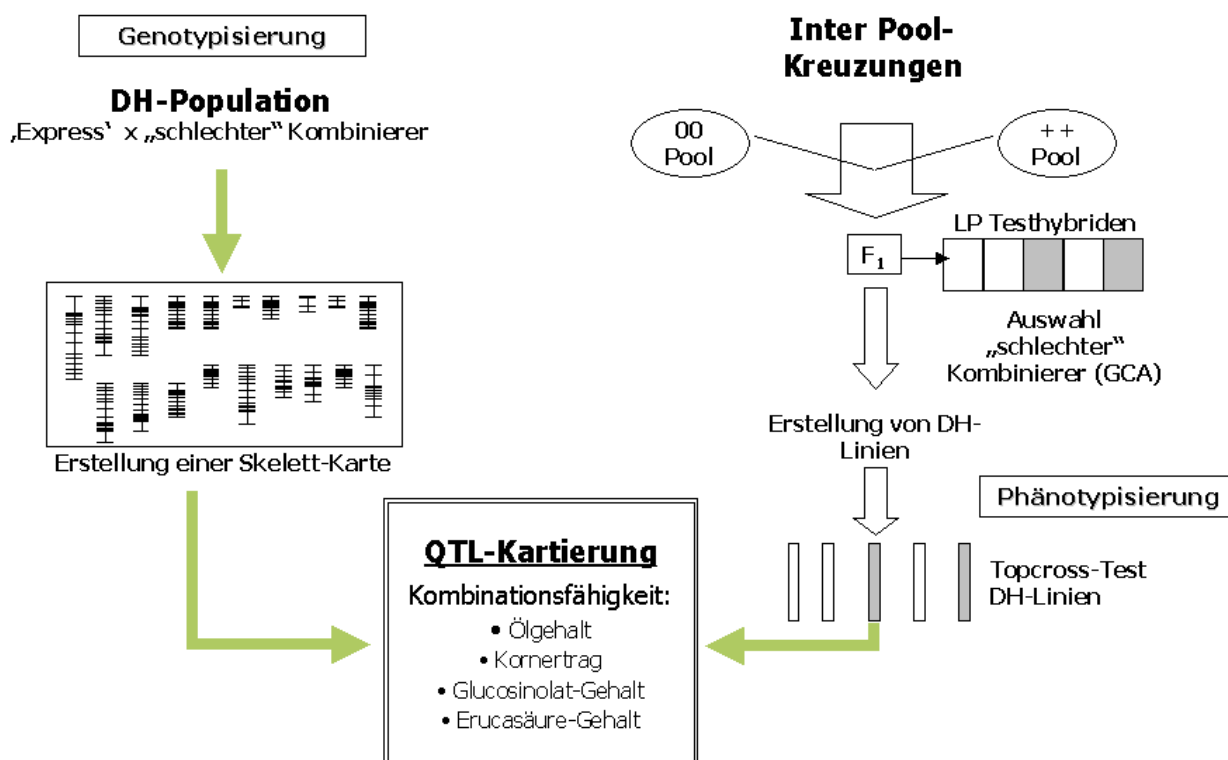


Abb. 1: Erweiterung der Diversität durch Nutzung alter ++-Winterrapsorten in der Hybridzüchtung von Qualitätskörnerraps und QTL-Kartierung der „Kombinationsfähigkeit“ (weitere Erläuterungen im Text).

Es hat nicht an Bestrebungen gefehlt, neue Formenkreise durch resynthetisierte Rapsformen (RS) zu bilden und dadurch die Diversität vorhandener Genpools zu erweitern (u.a. Kräling 1987, Becker et al. 1995, Girke 1998, Lühs et al. 1998). Im Rahmen von Feldevaluierungsarbeiten mit diesem Basismaterial erlaubte bereits die Erfassung von morphologischen Eigenschaften - wie Pflanzenlänge, verschiedene Blatteigenschaften, Blühverhalten und Samenertragskomponenten – eine klare Abtrennung von einem Sommerraps-Sortiment. In einem zweiten Schritt wurde dieses neuartige Material mit Hilfe von AFLP-Markern genotypisiert und mit den natürlichen Sommerraps-Formen verglichen, um die erweiterte genetische Diversität zu erfassen (Seyis et al. 1999, 2001, 2002).

Zur Ermittlung der Ertragsleistung von intraspezifischen Testhybriden wurden ausgewählte RS-Linien sowie die alten Sommerraps-Sorten 'Janetzki's Sommerraps', 'Bronowski' und 'Svalöfs Gulle' als Bestäuber benutzt, um mit den männlich sterilen 00-Linien 'MSL-506c' und 'MSL-510c' (Norddeutsche Pflanzenzucht, Hohenlieth) intraspezifische Hybriden zu erstellen (Tab. 1).

Tab. 1: Pedigree der Sommerraps-Experimentalhybriden (TH1-TH24), die durch intraspezifische Kreuzung MSL-Linie x Bestäuber erstellt wurden

Mutterlinie		Männlicher Elter (Bestäuber)	
MSL-510c	MSL-506c	RS-Linie / Sorte	Pedigree der RS-Linie
TH1	TH2	RS 578d	BK 2256 x Y.S.
TH3	TH4	RS 55	Y.S. x BK 2256
TH5	TH6	RS SF301	Y.S. x BK 3094
TH7	TH8	RS SF 306	Y.S. x BK 3094
TH9	TH10	RS SF 390	Y.S. x BK 3094
TH11	TH12	RS SF 279	Y.S. x BK 3096
-	TH14	RS 232a	BK 2287 x Y.S.
TH15	TH16	RS 16S/5b	Y.S. x BK Venus
TH17	TH18	RS 239b	BK 2287 x Y.S.
TH19	TH20	Janetzki Sommerraps	Natürlicher Raps
TH21	TH22	Bronowski	Natürlicher Raps
TH23	TH24	Svalöfs Gulle	Natürlicher Raps

Die 23 Experimentalhybriden wurden 2001 in einem Feldversuch zweiartig (Rauischholzhausen/Hessen, Hohenlieth/Schleswig-Holstein) geprüft, wobei die RS-basierten, semi-synthetischen Rapshybriden (TH1-TH18) hohe Relativerträge ('Senator' 30,0 dt/ha = 100) zeigten (Abb. 2). Der Durchschnittsertrag der 25 Genotypen lag bei 33,6 dt/ha. Die Hybriden, die mit der Linie 'MSL-506c' (hellschraffierte Säulen) als Mutter erzeugt wurden, zeigten tendenziell höhere Kornerträge als diejenigen mit der Mutterlinie 'MSL-510c' (dunkelschraffierte Säulen). Die drei RS-Linien 'RS 578d' ('BK 2256' x 'Y.S.'), 'RS SF 306' (Y.S. x BK 3094) und 'RS 239b' ('BK 2287' x 'Y.S.'), deren Testhybriden die besten Kornerträge lieferten, stellen aussichtsreiches Material dar (Abb. 2).

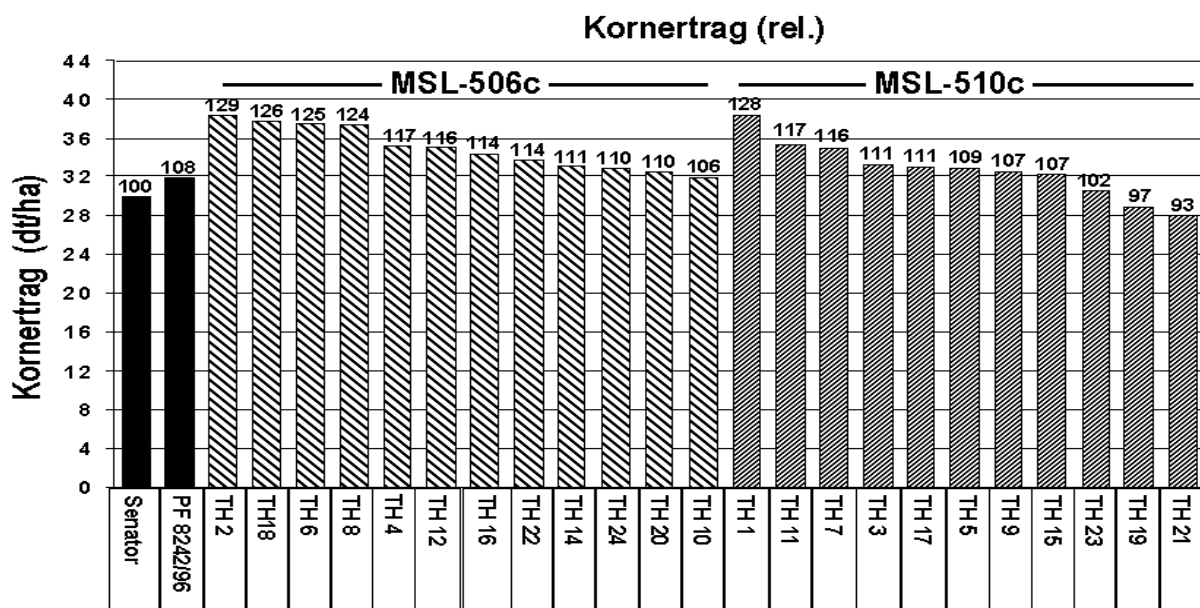


Abb. 2: Kornerträge von Experimentalhybriden - basierend auf RS-Bestäuberlinien (TH1-TH18, vgl. Tab. 1) und herkömmlichen Sommerraps-Sorten (TH19-TH24) - im Vergleich zu der OP-Sorte 'Senator' (rel. 100=30,0 dt/ha) und der Zuchtlinie 'PF 8242/96'.

Neue Resynthese-Rapse mit Erucasäure-Freiheit im Samenöl

Die breite Anwendung von neuen Resyntheseraps-Genpools in modernen Körneraps-Zuchtprogrammen war bislang aufgrund der erwünschten Samenqualität (erucasäure- und glucosinolatarm, 00-Qualität) ausgeschlossen. Die Identifizierung von erucasäurefreien Mutanten bei *B. oleracea* (Lühs *et al.* 2000) und unsere Experimente zur Entwicklung von Qualitäts-Resyntheseraps durch weite Kreuzungen mit entsprechenden *B. rapa*-Genotypen (00-Qualität) eröffnen jedoch die Möglichkeit, dieses qualitativ verbesserte Basismaterial als eine neue genetische Quelle für die Qualitäts- und Ertragszüchtung bei Winterraps zu nutzen. Hierzu wurden die Kohl-Mutanten mit folgenden *B. rapa*-Qualitätstypen gekreuzt: 'Asko' (0, Sommerfutterrübsen), blütenblattlose *B. rapa*-Linie ('Apetalous rapa') und die Sorte 'Reward' (beide 00, gelbsamige Sommerformen) sowie zwei 00-Winterrübsenstämme ('Q3F', 'SWSP'), wobei die 'Embryo rescue'-Technik zum Einsatz kam. Die Ergebnisse der Resynthese-Experimente unter Verwendung der 00-Qualitätsrübsen als mütterlichem Elter sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die größte Zahl an amphihaploiden Regeneraten wurden in den Fällen erzielt, wo 'Apetalous rapa' verwendet wurde (Tab. 2). *Ex vitro*-Stecklinge der amphihaploiden Regenerate wurden mit Colchicin behandelt, um diploidisierte *B. napus*-Pflanzen und C1-Saatgut zu erhalten. Erste Untersuchungen der Fettsäure-Zusammensetzung bestätigten den erwarteten Niedrigerucasäure-Phänotyp in den erzeugten Rapssamen (Seyis *et al.* 2001, 2002).

Fazit – Nutzung von Biodiversität in der Rapszüchtung

Im Hinblick auf die Nutzung genetischer Ressourcen in der Rapszüchtung wurde am Beispiel alter Winterraps-Sorten mit ++-Qualität (erucasäure- und glucosinolathaltig) gezeigt, dass diese vorhandene Biodiversität für die Entwicklung eines neuen Formenkreises für die Hybridzüchtung interessant ist. Neue genetische Diversität wird durch die Resynthese von *B. napus* geschaffen.

Tab. 2: Erzeugung von Qualitätsraps durch interspezifische Kreuzung *B. rapa* x *B. oleracea*

Kreuzungskombination <i>B. rapa</i> x <i>B. oleracea</i>	Anz. bestäubter Knospen (A)	Anz. präparierter Ovuli (B)	Anz. erstellter Hybriden (C)	Erfolgsrate (%)	
				(C/B) x100 Regenerationsfähigkeit <i>in vitro</i>	(C/A) x100 Kreuzbarkeit
'Apetalous rapa' x 'Kashirka'	654	2.333	188	8,1	28,7
'Reward' x 'Kashirka'	583	1.007	11	1,1	1,9
'Apetalous rapa' x 'LS'	626	2.757	222	8,1	35,5
'Reward' x 'LS'	505	759	21	2,8	4,2
'Q3F' x 'LS'	163	289	16	5,5	9,8
'SWSP' x 'LS'	182	262	10	3,8	5,5

Aufgrund seiner unzureichenden Eigenleistung und unerwünschten Samenqualität im Vergleich zu vorhandenem 00-Zuchtmaterial sind die Einsatzmöglichkeiten eines neuen, auf Resynthese-Raps basierenden Genpools begrenzt; diese Option ist daher als Langzeitperspektive anzusehen. Ausgehend von der Zielsetzung, neu geschaffenes Qualitäts-Resynthesematerial in der Rapszüchtung zu verwenden, haben wir neuartige *B. napus*-Formen synthetisiert und auf diesem Wege eine neue Quelle genetischer Variation – z.B. bzgl. Erucasäure-Freiheit im Samenöl – für die Rapszüchtung erschlossen.

Literatur

- Becker, H.C., G.M. Engqvist, and B. Karlsson, 1995: Comparison of rapeseed cultivars and resynthesized lines based on allozyme and RFLP markers. *Theor. Appl. Genet.* 91, 62-67.
- Girke, A., 1998: Resynthetisierter Raps als ein Genpool für die Hybridzüchtung. In: Ber. 49. Arbeitstagg., Arbeitsgemein. Saatzuchtleiter, Vereinig. österr. Pflanzenzüchter, Gumpenstein, pp. 67-69.
- Kräling, K., 1987: Utilization of genetic variability of resynthesized rapeseed. *Plant Breeding* 99, 209-217.
- Lühs, W., and W. Friedt, 1995: Natural fatty acid variation in the genus *Brassica* and its exploitation through resynthesis. *Cruciferae Newsl.* 17, 14-15.
- Lühs, W. und W. Friedt, 1999: Entwicklung von neuartigem Ausgangsmaterial für die Züchtung von Raps (*Brassica napus* L.) durch experimentelle Resynthese. *Votr. Pflanzenzüchtg.* 45, 43-61.
- Lühs, W., R. Marquard und W. Friedt, 1994: Methodische Aspekte in der Qualitätszüchtung von erucasäurereichem Raps. 106. VDLUFA-Kongress, 19.-24. Sept. 1994, Jena. VDLUFA-Kongressband 1994, pp. 533-536.
- Lühs, W., A. Voss, F. Seyis und W. Friedt, 1998: Erweiterung der genetischen Variabilität in der Rapszüchtung durch Resynthese. In: Ber. 49. Arbeitstagg., Arbeitsgemein. Saatzuchtleiter, Vereinig. österr. Pflanzenzüchter, Gumpenstein, pp. 59-65.
- Lühs, W., F. Seyis, A. Voss, and W. Friedt, 2000: Genetics of erucic acid content in *Brassica oleracea* seed oil. *Czech. J. Genet. Plant Breed.* 36, 116-120.
- Lühs, W., F. Seyis, M. Frauen, H. Busch, L. Frese, E. Willner, W. Friedt, M. Gustafsson, and G. Poulsen, 2002a: Development and evaluation of a *Brassica napus* core collection. In: Symp. "Rudolf Mansfeld and Genetic Resources", 8.-9. October 2001, IPK Gatersleben, Germany. *Schriften zu Genetischen Ressourcen, Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI), Informationszentrum Genetische Ressourcen (IGR), Bonn (im Druck).*
- Lühs, W., F. Seyis, R. Snowdon, R. Baetzel, and W. Friedt, 2002b: Genetic improvement of *Brassica napus* by wide hybridisation. *GCIRC Bull.* 18 (in press).
- Seyis, F., W. Friedt, and W. Lühs, 1999: Preliminary field assessment of novel resynthesised *Brassica napus*. *Cruciferae Newsl.* 21, 43-44.
- Seyis, F., W. Friedt und W. Lühs, 2001: Resynthese-Raps (*Brassica napus* L.) als genetische Ressource für die Qualitäts- und Ertragszüchtung. In: K. Hammer und T. Gladis (Hrsg.), *Nutzung genetischer Ressourcen – ökologischer Wert der Biodiversität. Schriften zu Genetischen Ressourcen, Bd. 16, pp. 91-112* (<http://www.dainet.de:8080/IGRREIHE/IGRREIHE/DDD/16-11.pdf>).
- Seyis, F., W. Friedt, R. Snowdon und W. Lühs, 2002: Erweiterung der genetischen Basis von Raps (*Brassica napus* L.) durch Resynthese. *Votr. Pflanzenzüchtg.* 54, 493-496.

Qualität von Rohmilch, wärmebehandelter Milch und Erzeugnissen auf Milchbasis

Einfluss einer wiederkäuergerechten Fütterung auf die Qualität der Rohmilch und deren Verarbeitungseigenschaften

Kirst, Eberhard (Berlin)¹

Obwohl der Einfluß der Fütterung auf die Rohmilchqualität seit über 100 Jahren bekannt ist [1], steht auch heute dieser Aspekt gemeinsam mit der Tiergesundheit, Fruchtbarkeit u.a. im Vordergrund der Milchproduktion.

Die Energie- und Rohproteinbedarfsnormen entsprechend der Lebensmasse und Milchleistung der Kühe sind in Tab. 1 angegeben.

Tab. 1: Energie- und Rohproteinbedarfsnormen je Kuh und Tag [2]

Bedarf für	Lebendmasse (kg)	Rohprotein (g)	Energiebedarf – NEL (kJ)
Erhaltung	600	475	35,5
	650	500	37,7
	700	525	39,9
1 kg Milch mit			
3,5 % Fett		80	2,97
4,0 % Fett		85	3,17
4,5 % Fett		90	3,37
eine Milchleistung von			
5 kg (4 % Fett)	600	900	51,4
10 kg (4 % Fett)	600	1.325	67,2
20 kg (4 % Fett)	600	2.175	98,9
30 kg (4 % Fett)	600	3.025	130,6
40 kg (4 % Fett)	600	3.875	162,3

Ein neues System der Futterbewertung sieht bei Hochleistungskühen als Beurteilungskriterien Energiegehalt und am Darm nutzbares Rohprotein (nXP) der Futterration vor (Tab. 2) [3].

Harnstoff- und Acetongehalt der Milch dienen gemeinsam mit dem Eiweißgehalt der Milch als Beurteilungskriterium der Fütterung der Milchkuh. Der Harnstoffgehalt resultiert aus der Rohproteinverdauung (Abb. 1). Den von der Milchleistung der Tiere abhängigen physiologischen Bereich des Harnstoffgehaltes der Milch zeigt Tab. 3, der physiologische Acetongehalt bei $\leq 0,25$ mmol/l (≤ 15 mg/kg), die weitere Beurteilung des Acetongehaltes ist in Tab. 4 dargestellt.

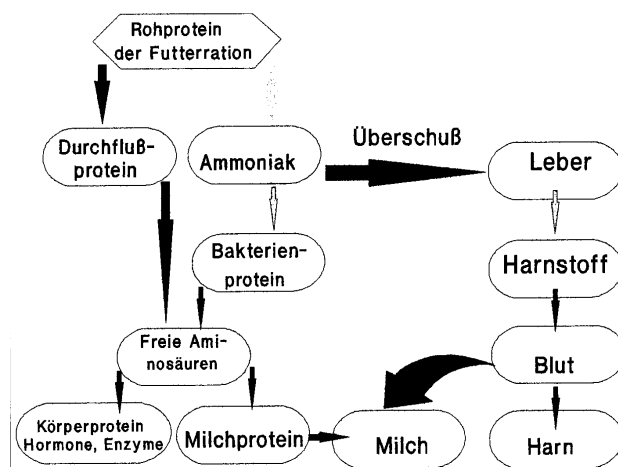
Der Anteil des UDP (unabgebauten Futterproteins, auch Durchfluß- oder Bypass-Protein genannt) verschiedener Futtermittel ist in Tab. 5 dargestellt.

¹ eMail: FoodRheology@LB.TU-Berlin.DE

Tab. 2: Empfehlung zur Versorgung von Hochleistungskühen mit Energie und am Darm nutzbarem Rohprotein (nXP) [3] - Basis: 700 kg Lebendmasse; 4,0 % MilCHFett; 3,4 % Milcheiweiß

Rationstyp	Milchmenge (kg/d)	Energiebedarf - NEL (kJ)	NXP (g/d)
Standard (ohne Körpersubstanzverlust)	35	151	3.470
	40	167	3.900
	45	183	4.330
	50	198	4.760
Frischmelker (500 g Körpersubstanzverlust)	45	173	4.250
	50	188	4.680

Abb. 1: Übersicht über die Proteinverdauung des Wiederkäuers



Tab. 3: Physiologischer Harnstoffgehalt der Milch [4]

Milchleistung (kg/d)	Harnstoffbereich (mg/kg)
bis 25	150 – 250
25 – 35	200 – 300
34 – 40	220 – 350
über 40	250 – 400

Tab. 4: Klassifizierung des Acetongehaltes der Rohmilch [5]

Acetonklasse	Beurteilung	Acetonkonzentration	
		mmol/l	mg/l
1	physiologisch	$\leq 0,2$	$\leq 11,6$
2	physiologisch	$> 0,2 \leq 0,25$	$> 11,6 \leq 14,5$
3	subklinische Ketose	$> 0,25 \leq 1,0$	$> 14,5 \leq 58$
4	Risikobereich einer klinischen Ketose	$> 1,0 \leq 2,0$	$> 58 \leq 116$
5	klinische Ketose	$> 2,0$	> 116

Tab. 5: Einteilung der Futtermittel nach dem Anteil des Durchflußproteins

Anteil des Durchflußproteins (%)		
35 (45 ... 25)	25 (35 ... 15)	15 (25 ... 5)
Trockengrün	Sonnenblumen	Gras
Sojaschrot	Kokosmark	Grassilage
Trockenschnitzel	Palmkern	Heu
Biertreber	Erdnuß	Weizen
Baumwollsaat	Raps	Hafer
Körnermais	Hefe	Gerste
Maiskleber	Maiskeimschrot	Ackerbohne
	Maissilage	

Zwischen Fütterung, Tiergesundheit und Rohmilchqualität besteht ein enger Zusammenhang. Der Einfluß von Fehlernährungen der Kühe auf deren Gesundheit ist in Tab. 6 zusammengefaßt.

Die Beurteilung der Fütterung anhand des Harnstoff- und Eiweißgehaltes der Milch erfolgt nach dem in Abb. 2 dargestellten Schema, der prinzipielle Verlauf des Harnstoffgehaltes bei optimaler und restriktiver Energieversorgung ist in Abb. 3 dargestellt [6].

Durch Fremdstoffe im Futter oder Tränkwasser, wie Nitrat, Nitrit, Mycotoxine u.a., kann die Futterverwertung trotz optimaler Rationszusammensetzung beeinträchtigt sein. Deshalb ist die Beurteilung der Fütterung aufgrund der Bestimmung des Harnstoff- und Eiweißgehaltes der Milch besser als auf der Basis von Rationsberechnungen.

Neben einer Beeinträchtigung der Proteinverdauung kann auch der Fettstoffwechsel, insbesondere zu Beginn der Laktation, infolge Energiemangel in der Ration u.a. gestört sein (Abb. 4). Zu einer gesteigerten Ketogenese können hepatogene und ruminogene Ursachen führen (Abb. 5). Dabei wird bei verstärktem Körperfettaabbau bei Energiemangel in der Ration Acetyl-CoA angehäuft und, da infolge des Mangels an Oxalacetat seine Verwertung im Zitronensäurecyclus nicht möglich ist, zu Ketokörpern, Acetacetat, β -Hydroxybutyrat und Aceton, abgebaut.

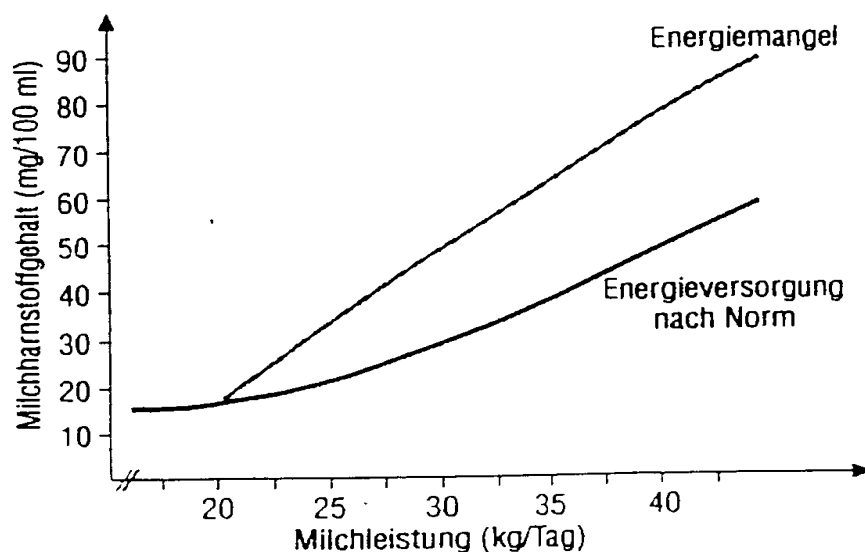
Tab. 6: Fütterungsbedingte Beeinflussung der Tiergesundheit

Art der Fehlernährung	Belastung des Stoffwechsels durch	Auswirkungen auf die Tiergesundheit
Energieüberschuß	verstärkter Körperfettansatz, Leberverfettung	Im Anschluß erhöhte Ketosegefahr, Geburts- und Fruchtbarkeitsprobleme, Gebärparrese durch verringerte Calcium-, Magnesium- und Phosphorresorption
Energiemangel	Ammoniaküberschuß, erhöhte Harnstoffsyntheseleistung der Leber, Mobilisierung von Depotfett und anderen Energiereserven	Ketose (subklinisch und klinisch), Leberschaden, verminderte Fruchtbarkeit, mangelnde Infektionsabwehr, u.a. gegenüber Mastitis-Erregern
Proteinüberschuß	Ammoniaküberschuß, erhöhte Harnstoffsyntheseleistung der Leber, Mobilisierung von Depotfett und anderen Energiereserven	Leberschaden, verminderte Fruchtbarkeit, mangelnde Infektionsabwehr, u.a. gegenüber Mastitis-Erregern
Proteinmangel	Mobilisierung von Körperproteinreserven	Kräfteverfall, Appetitlosigkeit, Störung des Hormon- und Immunsystems

Abb. 2: Beurteilung der Fütterung anhand des Harnstoff- und Eiweißgehaltes der Milch

Eiweißgehalt (%)				
3,8 – 4,4	P-Mangel E-Überschuß	E-Überschuß	P-Überschuß E-Überschuß	
3,2 – 3,8	P-Mangel (E-Überschuß)	Optimum	P-Überschuß (E-Mangel)	
2,4 – 3,2	P-Mangel E-Mangel	E-Mangel (Futtermangel)	P-Überschuß E-Mangel	
P = Protein E = Energie	0 - 150	150 - 300	300 - 450	Harnstoff (mg/l)

Abb. 3: Harnstoffgehalt der Milch bei optimaler und restriktiver Energieversorgung der Kühe [6]

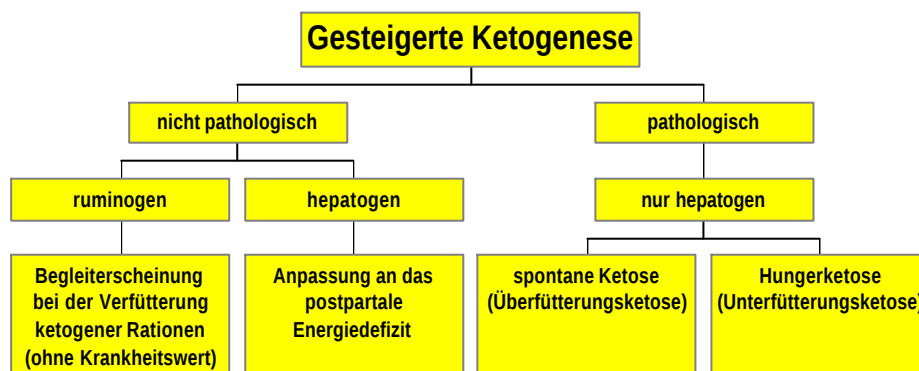


Die genannten Fütterungsmängel, Energierestriktion und/oder Proteinüberschuß in der Futtermittelration, führen zu den in Tab. 7 dargestellten Veränderungen der Milchsammensetzung und die Beeinflussung der Qualität und Verarbeitungseigenschaften der Rohmilch (Tab. 8) und Milcherzeugnisse (Tab. 9).

Abb. 4: Ursachen primärer und sekundärer Ketosen [7]



Abb. 5: Übersicht über die Ursachen einer gesteigerten Ketogenese [8]



Tab. 6: Veränderung der Milchinhaltsstoffe durch Energiemangel / Proteinüberschuß in der Fütterung

Milchinhaltsstoff	Veränderung	Milchinhaltsstoff	Veränderung
Zellzahl	↑↑	Lactoferrin	↑↑
Gesamtstickstoff	↑↑	Milchmenge	↓↓
Ammoniak	↑↑	Fettgehalt	↓↓
Molkenproteine	↑↑	Trockenmasse	↓↓
Freie Fettsäuren	↑↑	Gefrierpunkt	↑↑
Chloridgehalt	↑↑	Lactosegehalt	↓↓
Natriumgehalt	↑↑	Caseingehalt	↓↓
Lipase	↑↑	Kaliumgehalt	↓↓
Lysozym	↑↑	Calciumgehalt	↓↓
Freie Aminosäuren	↑↑	Magnesiumgehalt	↓↓

Tab. 7: Beeinflussung der Qualität und der Verarbeitungseigenschaften der Rohmilch durch Energiemangel / Proteinüberschuß in der Futterration

Milchinhaltstoff	Veränderung	Auswirkung
Milchmenge, Fettmenge	↓	Erhöhte Kosten, Verluste für den Landwirt
Trockenmasse	↓	Ausbeuteverluste in der Molkerei
Gefrierpunkt	↑	Ausdruck der Milchveränderungen
Lactosegehalt	↓	Verringerte Säuerungsfähigkeit, Hauptanteil der Trockenmasse
Gesamtstickstoff, NPN	↑	Zu hohe Auszahlung durch die Molkerei, da NPN nicht bei der Ausbeute verwertbar
Molkenproteine	↑	Verringerte Hitzestabilität der Milch, verringerte Käseausbeute, Bildung von Bitterpeptiden bei der Käseherstellung
Caseingehalt	↓	Geringere Käseausbeute
Calcium- und Magnesiumgehalt	↓	verringerte Labgerinnungsfähigkeit
Spurenelemente	↓	Essentielle Nahrungsbestandteile, notwendig für Enzymaktivitäten
Xanthinoxidase	↓	Bestandteil des Redox-Systems der Milch, Schutzfunktion
Ammoniak	↑	Zellgift, Leberbelastung, Reizung des Euterepithels, Hemmung von Säurungs- und Reifungskulturen
freie Fettsäuren	↑	Sensorik: in Richtung alt, kratzend, beißend, metallisch bis ranzig, Hemmung von Säurungs- und Reifungskulturen
Lipaseaktivität	↑	verstärkte Bildung von freien Fettsäuren
freie Aminosäuren	↑	Bildung von Bittergeschmack bei der Käseherstellung
insgesamt		Ausbeuteverluste, verringerte Labgerinnungsfähigkeit. Verringerte Hitzestabilität, verringerte Säuerungsfähigkeit, sensorische Veränderungen

↑ - erhöht ↓ - vermindert

Tab. 8: Beeinflussung der Qualität der Milch und Milcherzeugnisse durch Energiemangel / Proteinüberschuß in der Futterration (nach MUNRO et al. 1984)

Produkt	Veränderung
Rohmilch	Entwicklung eines ranzigen Geschmacks, geringere Hitzestabilität des Molkenproteins
pasteurisierte Milch	Abnahme von Flavour und Qualität
Konzentrierte Milch Rekonstituierte Milch	Unstabile Produkte
Käse	Reduzierte Starter-Aktivität, verzögerte Gerinnungszeit, Abnahme der Festigkeit des Bruches, Verluste an Fett und Casein mit der Molke, niedrige Ausbeuten
Butter	Beeinträchtigung des Geschmacks, weniger Aroma, Oxidationsgeschmack, längere Butterungszeiten, Hemmung der Diacetyl-Produktion

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, dass unzureichende Futterrationen sowohl die Tiergesundheit als auch die Milchqualität beeinflussen. Zur Beurteilung der Futterrationen und –verwertung sind Harnstoff- und Eiweißbestimmung in der Milch besser geeignet als Rationsberechnungen auf der Basis von Futteranalysen.

Literatur:

1. Stieger, W.: Die Hygiene der Milch, Verlag Heinsius Nachf., Leipzig 1902
2. ...: Handbuch „Futter und Fütterung, Haltung – Rind“, Landwirtschaftskammer Hannover, Futerberatungsdienst Hannover e.V., 1992
3. Spiekers, H.: Aktuelles zur Futterbewertung von Milchkühen, milchpraxis 38 (2000) 3, S. 131 – 135
4. Kirst, E.; Krenkel, K.; Jacobi, U.: Untersuchung des Harnstoffgehaltes der Milch zur Beurteilung der Fütterung, dmz – Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft 117 (1996) 13, S. 601 – 610
5. Staufenbiel, R.: Sind unsere Hochleistungskühe noch gesund ?, Milchhind 10 (2001) 2, S. 46 - 49
6. Kaufmann, W.: DGfZ-Informationen 2; Landwirtschaftsblatt Weser-Ems Nr. 43 vom 29.10.1982
7. Staufenbiel, R.; Hünninger, F.; Pieper, B.; Poppe, H.: Propylenglycol – Informationsblatt zum Einsatz in der Milchviehfütterung, Berlin 1998
8. Rossow, N.; Staufenbiel, B.; Staufenbiel, R.; u.a.: Zur Bewertung erhöhter Ketokörperkonzentrationen bei der Milchkuh, Monatsh. Vet.-med. 46 (1991) 1, S. 11 - 17

Charakterisierung der Wärmebehandlung bei Konsummilch und Milchpulver anhand verschiedener Hitzeindikatoren

Jahn, Friedegard (Oranienburg); Miebs, Angelika; Reukauf, Birgit¹

1. Einleitung

Nach der Milchverordnung vom 20.07.2000 (§ 5) muss die zur Herstellung von wärmebehandelter Konsummilch verwendete Milch einem anerkannten Wärmebehandlungsverfahren (Anlage 6, Nr. 2) unterzogen werden. Zweck ist die sichere oder möglichst vollständige Abtötung pathogener und verderbniserregender Mikroorganismen in der Milch. Damit wird dem gesundheitsvorsorgenden Verbraucherschutz Rechnung getragen und die hygienische Sicherheit des Produktionsprozesses gewährleistet sowie die Qualität und Haltbarkeit der Erzeugnisse gefördert. Die im Handel meist angebotenen und vom Verbraucher wegen der Frische oder wegen der Haltbarkeit geschätzten Konsummilchsorten sind die pasteurisierte Milch und die UHT- bzw. H-Milch. Als unerwünschter Nebeneffekt der Wärmebehandlung kann es je nach Art und Umfang des Wärmeeintrages und infolge der damit einhergehenden chemisch-physikalischen Veränderungen zu Beeinträchtigungen hinsichtlich der Verarbeitungsfähigkeit sowie der sensorischen und ernährungsphysiologischen Wertigkeit der Milch kommen. Um diese nachteiligen Auswirkungen bei der Konsummilch zu minimieren, sollte grundsätzlich die Wärmebehandlung so schonend wie möglich erfolgen, d. h. die Wärmebelastung auf das für die Produktsicherheit notwendige Maß begrenzt werden. Diesem Anspruch wird die geltende Milchverordnung mit Festlegungen von oberen Grenzen für den Wärmeeintrag nur bei den Pasteurisierungsverfahren der Dauer- und Kurzzeiterhitzung anhand des Peroxidasenachweises (Anforderung: positiv) gerecht. Für die übrigen Wärmebehandlungsverfahren: Hoherhitzung, Ultrahoherhitzung und Sterilisierung sind derartige Festlegungen aus Sicht der BA für Milchforschung, Kiel wünschenswert. Geeignete, wissenschaftlich begründete Hitzeindikatoren zur Charakterisierung der Wärmebehandlung bzw. zur Kontrolle und Unterscheidung der verschiedenen Konsummilchsorten mit entsprechenden Grenzwertvorschlägen liegen seitens der BA für Milchforschung, Kiel bzw. der EU vor (Tabelle 1).

Tabelle 1: Hitzeindikatoren und Grenzwertvorschläge für wärmebehandelte Konsummilch

Wärmebehandlungsverfahren	Hitzeindikator	Grenzwert-Vorschlag für Konsummilch ¹⁾
Dauer-/Kurzzeiterhitzung	Peroxidase	positiv
	säurelösliches β -Lactoglobulin (Furosine) ²⁾	mind. 3000 mg/l (ca. 8 mg/100g Protein) ³⁾
Hoherhitzung	säurelösliches β -Lactoglobulin Furosine	mind. 2000 mg/l ca. 20 mg/100 g Protein
Ultrahoherhitzung	Lactulose Furosine	höchst. 400 mg/l ca. 250 mg/100 g Protein
Sterilisierung	Lactulose	höchst. 1200 mg/l

1) BA für Milchforschung, Kiel

2) als Hitzeindikator im Bereich der Dauer-/Kurzzeiterhitzung weniger geeignet

3) in der EU diskutierter Grenzwert für POD-positive pasteurisierte Milch

¹ eMail: Info@mlua.de

Während der Gesetzgeber auf die Festsetzung und Kontrolle solcher Grenzwerte in der Milchverordnung verzichtet hat, gewinnt ungeachtet dessen in der Praxis die Verwendung chemischer Hitzeindikatoren als Untersuchungsparameter zur Charakterisierung der Wärmebehandlung bei Milch/bestimmten Milcherzeugnissen in mehrerer Hinsicht an Bedeutung:

- spezifische Kundenanforderungen, insbesondere im internationalen Warenverkehr mit Konsummilch und Milchpulver
- Einführung neuer/alternativer Wärmebehandlungsverfahren/-techniken, ebenso zur Überprüfung und Bewertung vorhandener Erhitzeranlagen
- Qualitätsverbesserung der Konsummilch; Interesse der Verbraucher an hochwertigen und möglichst naturbelassenen Lebensmitteln
- Entwicklung neuer Produktionstechnologien.

Im Folgenden wird über ein Untersuchungsprojekt der MLUA Oranienburg berichtet, das sich mit dieser Thematik befasst hat. Ziel des Projektes war die Erstellung einer Datensammlung zu Hitzeindikatoren der verschiedenen Wärmebehandlungsverfahren bzw. Konsummilchsorten und Milchpulver im Sinne einer Bestandsaufnahme, hauptsächlich für das Land Brandenburg und

- im Vergleich zu den vorgeschlagenen Grenzwerten
- gegebenenfalls als Grundlage und Entscheidungshilfe für qualitätsverbessernde Maßnahmen, betriebs-/anlagenspezifisch
- in Erwartung eines Erkenntniszuwachses hinsichtlich der Analytik sowie Anwendbarkeit bzw. Aussagefähigkeit bestimmter Parameter.

2. Material und Methode

Die Untersuchungen wurden überwiegend im Zeitraum Februar 2001 bis Januar 2002 durchgeführt und mit einigen Nachuntersuchungen und dem Teil hocherhitzte Konsummilch im Juli 2002 abgeschlossen. Die Proben aus dem Land Brandenburg wurden im Rahmen der monatlichen Güteprüfungen bereitgestellt, die anderer Hersteller im Auftragsverfahren. Der Untersuchungs-umfang geht aus der Tabelle 2 hervor.

Tabelle 2: Untersuchungsumfang

Produkt Gesamt-Probenzahl	Anzahl Betriebe	Prüfparameter/Hitzeindikator
Rohmilch (Sammelmilch)	10, davon 3 DV*	säurelösl. β -Lactoglobulin/ α -Lactalbumin
46	Betriebe/Code: A bis I; K	Furosin
Pasteurisierte Milch (Kurzzeiterhitzung)	6, davon 3 DV*	Phosphatase/Peroxidase
60	Betriebe/Code: A bis F	säurelösl. β -Lactoglobulin/ α -Lactalbumin
Pasteurisierte Milch (Hoherhitzung/ESL-Milch)	1/Handel	Furosin
12	Betriebe/Code: K; L	Phosphatase/Peroxidase
H-Milch (Ultrahoherhitzung)	4	säurelösl. β -Lactoglobulin/ α -Lactalbumin
39	Betriebe/Code: E bis F; K	Furosin
Magermilchpulver (niedrig-/mittel/hoherhitzt)	3	Lactulose
30	Betriebe/Code: H; I; J	Furosin
		Molkenproteinindex (MPI)
		säurelösl. β -Lactoglobulin/ α -Lactalbumin
		Furosin

DV = Direktvermarkter

Bei den Untersuchungen kamen folgende Prüfmethoden zum Einsatz:

- Phosphatase, qualitativ	MLUA-O, AV 3-03	(KZE-Nachweis mit Lactognost)
- Peroxidase, qualitativ	VDLUFA-MB, Bd. VI, C 13.2	(HE-Nachweis mit Traventol)
- Lactoperoxidase-Aktivität	DIN 10483-1	(Referenzverfahren, photometrisch)
- säurelösl. β -Lactoglobulin/ α -Lactalbumin	§ 35 LMBG, L01.00-65	(HPLC)
- Furosin	MLUA-O, AV 3-22	(HPLC)
- Lactulose	§ 35 LMBG, L 01.00-31	(enzymatisch)
- Molkenproteinindex (MPI)	VDLUFA-MB, Bd. VI, C 13.7	(photometrisch/Trübungsmessung)
- Protein (Bezug für Furosin)	VDLUFA-MB, Bd. VI, C 30.2	(Kjeldahl)

3. Zusammenfassende Darstellung und Auswertung der Untersuchungsergebnisse

3.1 Rohmilch und Konsummilch

Die bei den pasteurisierten Milchproben durchgeführten Nachweise für die Kurzzeiterhitzung und für die Hoherhitzung fielen generell erwartungsgemäß aus, d. h. bei der kurzzeiterhitzten Milch war die Phosphatase negativ und die Peroxidase positiv, im Falle der hoherhitzten Milch die Peroxidase negativ. Damit wird den Anforderungen der Milchverordnung in Anlage 6 entsprochen.

Die vergleichsweise mit dem quantitativen Verfahren bestimmte Lactoperoxidase-Aktivität in den kurzzeiterhitzten Proben betrug im Mittel 3269 U/l, maximal 5571 U/l, minimal 2245 U/l, bei einer Standardabweichung s von 602. Die Untersuchungsergebnisse der Rohmilch und pasteurisierten Konsummilch zum Gehalt an säurelöslichem β -Lactoglobulin bzw. α -Lactalbumin und Furosin sind in der Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Ergebnisse Rohmilch (RM) und pasteurisierte Konsummilch (KM)

Betrieb/ Code		säurelös. β -Lactoglobulin (mg/l)		säurelös. α -Lactalbumin (mg/l)		Furosin (mg/100 g Protein)	
n RM/KM	statist. Kenngröße	RM	KM	RM	KM	RM	KM
I: Vergleich Rohmilch - Past. Milch (KZE)							
A (3/12)	Mw	4389	4183	810	819	6,7	6,7
B (5/11)	Mw	4113	4030	860	839	6,4	6,7
C (1/3)	Ew/Mw	4020	4109	813	835	6,8	6,6
C* (-/6)	Mw	-	3578	-	737	-	18,4
D (5/12)	Mw	4371	3748	867	793	6,5	6,6
E (6/10)	Mw	4385	3916	924	828	5,9	6,9
F (5/6)	Mw	4418	3875	907	889	5,4	6,8
A -- F	Mw	4321	(3929)	878	(819)	6,2	(7,9)
(25/60)	Mw o. C*	-	3968	-	828	-	6,7
	s	353	339	67	83	1,2	3,7
	s o. C*	-	319	-	82	-	0,8
	Max	490	4933	994	970	8,0	23,3
	Max o. C*	-	4933	-	970	-	8,6
	Min	3646	3168	769	510	2,6	5,0
	Min o. C*	-	3261	-	510	-	5,0
II: Vergleich Rohmilch - Past. Milch (HE/ESL-Milch)							
K (8/9)	Mw	4194	2199	906	805	4,3	8,1
	s	138	212	38	81	0,7	1,0
	Max	4394	2699	945	944	5,4	9,7
	Min	3962	1956	844	651	3,3	6,9
L 1	Ew	-	2190	-	654	-	12,8
L 2	Ew	-	358	-	410	-	25,0
L 3	Ew	-	2648	-	891	-	7,5
III: Rohmilch- Betriebe G; H; I und Gesamt-Auswertung A - I; K							
G (4)	Mw	4289	-	897	-	6,2	-
H (4)	Mw	4179	-	883	-	6,0	-
I (4)	Mw	4211	-	874	-	6,7	-
A - I; K (46)	Mw	4273	-	885	-	5,9	-
	s	307	-	59	-	1,3	-
	Max	4901	-	994	-	8,5	-
	Min	3646	-	769	-	2,6	-

n = Anzahl der Proben Mw = Mittelwert Ew = Einzelwert s = Standardabweichung
 Max = maximaler Ew Min = minimaler Ew C* = Proben mit überdurchschnittlich hohen
 KZE = Kurzzeiterhitzung HE = Hoherhitzung Furosingehalten
 ESL = extended shelf life

Im Vergleich I: Rohmilch - past. Milch (KZE) ist festzustellen, dass die im Mittel der Betriebe A bis F in past. Konsummilch erhaltenen Ergebnisse an säurelöslichem β -Lactoglobulin (β -LG) von 3968(3929) mg/l/ bzw. an α -Lactalbumin (α -LA) von 828(819) mg/l sowie an Furosin von 6,7(7,9) mg/100 g Protein gegenüber denen in Rohmilch der Betriebe A-F bzw. aller Betriebe A-I;K für β -LG von 4321 bzw. 4273 mg/l, für α -LA von 878 bzw. 885 mg/l sowie für Furosin von 6,2 mg/100 g Protein nur geringe Veränderungen aufweisen. Der vorgeschlagene Grenzwert für β -LG von mind. 3000 mg/l ist in jedem Fall eingehalten und der für Furosin von höchst. 8 mg/100 g Protein in 5 von 60 Proben mit Werten zwischen 8,1 - 8,6 mg/100 g Protein erreicht. Auffällig ist der Betrieb C mit 6 Proben past. Milch am Anfang der Untersuchungsserie (als C* codiert) mit Furosingehalten von 15,5 - 23,3 bzw. Ø 18,4 mg/100 g Protein, die deutlich über dem Grenzwertvorschlag liegen; die Ø Gehalte

dieser Proben an β -LG von 3578 mg/l und an α -LA von 737 mg/l sind entsprechend niedrig und auch die geringsten in dieser Serie.

Im Vergleich II: Rohmilch - past. Milch (HE/ESL-Milch), werden - obwohl das Probenaufkommen relativ klein ist - die Unterschiede in den Gehalten an β -LG/ α -LA und Furosin zwischen beiden Produkten doch recht deutlich. Bei dem Betrieb K wurde in der hocherhitzten Milch im Mittel ein Gehalt an β -LG/ α -LA von 2199/805 mg/l sowie an Furosin von 8,1 mg/100 g Protein festgestellt; der Denaturierungsgrad für β -LG beträgt hier rund 48 %, für α -LA rund 11 %. Die drei im Handel gezogenen Proben verschiedener Hersteller (Stichproben, Code L) weisen im Falle L 1 und L 3 Gehalte in der gleichen Größenordnung wie der Betrieb K auf. Der Betrieb L 2 hingegen weicht deutlich davon ab, die Grenzwertvorschläge für β -LG von mind. 2000 mg/l bzw. für Furosin von höchst. 20 mg/100 g Protein werden in diesem Fall nicht eingehalten.

Die Untersuchungsergebnisse zum Lactulose- und Furosingehalt der UHT-Milchproben sind in der Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Ergebnisse UHT-Milch

Betrieb/ Code (n)	statist. Kenngröße	Lactulose (mg/l)	Furosin (mg/100 g Protein)
E (10)	Mw (Min-Max)	432 (355-505)	161 (123-201)
	s	55	30
F (9)	Mw (Min-Max)	386 (262-567)	141 (92-202)
	s	89	33
G (12)	Mw (Min-Max)	267 (251-313)	110 (91-137)
	s	16	14
K (4)	Mw (Min-Max)	313 (302-325)	97,1 (92,2-102)
	s	10,4	5,1
E - K (35)	Mw	350	131
	s	87	33,7
K* (4)	Mw (Min-Max)	159 (156-167)	57,2 (53,5-65,6)
	Mw	5,4	6,3

K* = Proben mit auffällig niedrigen Lactulosegehalten

Die im Mittel erhaltenen Ergebnisse zum Lactulose- wie auch zum Furosingehalt der UHT-Milchproben zeigen von Betrieb zu Betrieb beachtliche Differenzen. Der Betrieb E verzeichnet im Mittel die höchsten Gehalte für Lactulose mit 432 mg/l und für Furosin mit 161 mg/100 g Protein, gefolgt von Betrieb F mit Mittelwerten für Lactulose von 386 mg/l und für Furosin von 141 mg/100 g Protein. Bei beiden Betrieben ist ebenso die Schwankungsbreite der Ergebnisse am größten, wie anhand der Standardabweichungen s für Lactulose mit 55 bzw. 89 mg/l und für Furosin mit 30 bzw. 33 mg/100 g Protein im Vergleich zu den Betrieben G und K/K* erkennbar ist. Die niedrigsten Mittelwerte innerhalb der Reihe E-G; K liegen für Lactulose mit 267 mg/l bei dem Betrieb G und für Furosin mit 97,1 mg/100 g Protein bei dem Betrieb K vor. Überschreitungen des Grenzwertvorschlages für Lactulose von höchst. 400 mg/l sind insgesamt bei 9 von 35 Proben (26 %) aufgetreten und betreffen 7 Proben des Betriebes E und 2 Proben des Betriebes F. Positiv auffällig sind die Ergebnisse von 4 Proben des Betriebes K (als K* codiert), die besonders niedrige Werte für Lactulose mit $\bar{\varnothing}$ 159 mg/l und für Furosin mit $\bar{\varnothing}$ 57,2 mg/100 g Protein aufweisen, hier kam eine andere Technologie/Technik der UHT-Behandlung zur Anwendung.

3.2 Milchpulver

Milchpulver werden nach dem klassischen Hitzeindikator Molkenproteinindex (MPI) nach ADPI^{*)} in die Hitze Klassen niedrig-/mittel-/hocherhitzt wie folgt eingeteilt und als solche kundenspezifisch hergestellt.

Hitze klassifizierung nach ADPI ^{*)}:

Molkenproteinindex(MPI) (mg MPN/g Magermilchpulver)	Hitze Klasse
≥ 6,0	niedrigerhitztes Pulver
> 1,5 bis < 6,0	mittelerhitztes Pulver
≤ 1,5	hocherhitztes Pulver

*) ADPI - American Dairy Products Institute

Von daher erfolgt die Zusammenfassung der Ergebnisse entsprechend dieser Hitze klassifizierung, dargestellt in Tabelle 5.

Tabelle 5: Ergebnisse Magermilchpulver (MMP)

Betrieb/ Code (n)	statist. Kenngröße	MPI mg MPN/g MMP)	säurelös. β-Lactoglobulin (mg/l)	säurelös. α-Lactalbumin (mg/l)	Furosin (mg/100 g Protein)
I: Niedrigerhitzte Pulver					
H (6)	Mw	7,6	36,49	6,65	90,2
	s	0,2	2,3	1,0	51
I (4)	Mw	8,0	38,92	7,37	72,3
	s	0,2	1,9	0,2	12
H; I (10)	Mw	7,8	37,46	6,94	83,0
	s	0,3	2,4	0,8	39
	Min-Max	7,4-8,3	33,38-41,29	5,05-7,48	54,6-158
II: Mittelerhitzte Pulver					
H (7)	Mw	4,9	18,65	4,84	125
	s	0,6	3,5	0,8	50
I (5)	Mw	2,6	5,78	2,96	71,7
	s	1,1	6,1	1,7	5,2
J (4)	Mw	5,0	22,90	4,89	124
	s	1,4	7,8	0,9	38
H-J (16)	Mw	4,2	15,69	4,27	108
	s	1,5	8,8	1,4	44
	Min-Max	1,6-5,9	1,17-27,70	1,36-5,90	64,1-205
III: Hoherhitzte Pulver					
I (4)	Mw	1,4	0,99	1,88	79,3
	s	0,08	0,13	0,8	8,2
	Min-Max	1,3-1,5	0,80-1,09	0,64-2,28	73,3-91,2

Niedrigerhitzte Pulver wurden von den Betrieben H und I vorgelegt, mittelerhitzte Pulver von allen Betrieben H; I; J und hocherhitzte Pulver nur von dem Betrieb I. In der Reihe niedrig-/mittel-/hocherhitzte Pulver nehmen erwartungsgemäß die Gehalte an den säurelöslichen Molkenproteinen β-LG und α-LA gleichsinnig mit den MPI-Gehalten ab. Dagegen liegen die Furosin-gehalte der Milchpulver, gleich welcher Hitze Klasse nach ADPI zugehörig, mit erheblichen Schwankungsbreiten in etwa der derselben Größenordnung. Insgesamt kann auf der Basis dieser Ergebnisse ausgesagt werden, dass die im Vergleich zum MPI bestimmten Parameter säurelösliches β-LG/α-LA und Furosin nur im Falle MPI/β-LG und MPI/α-LA gute Korrelationen aufweisen. Die säurelöslichen Molkenproteine β-LG und α-LA können somit, im Gegensatz zum Furosin, als zusätzliche bzw. alternative Hitzeindikatoren für Milchpulver fungieren.

HPLC und spektrophotometrische Bestimmung von Annatto in Käse

Kitzelmann, Erwin (Wangen im Allgäu); Strohmar, Walter; Bareth, Armin¹

Annatto ist ein natürlicher gelber Farbstoff, der aus der äußeren Schicht der Samen des Baumes *bixa orellana* L. gewonnen wird. Hauptkomponenten sind die Carotinoide Bixin ($C_{25}H_{30}O_4$) und Norbixin ($C_{24}H_{28}O_4$). Je nach Extraktionsverfahren überwiegt entweder der mit organischen Lösemitteln und pflanzlichen Ölen extrahierbare Monomethylester Bixin oder das Natrium- oder Kaliumsalz der wasserlöslichen Dicarbonsäure Norbixin. Annatto-Extrakte werden schon seit mehr als 100 Jahren zahlreichen Lebensmitteln, wie z.B. Süßigkeiten, Eiscreme, Soßen und Molkereiprodukten zugegeben, um diesen Erzeugnissen eine intensive Färbung zu geben. Aufgrund der Verwendung in Butter, Margarine und Käse wurde Annatto früher auch als „butter colour“ oder „cheese colour“ bezeichnet [1]. Annatto-Extrakte gelten als Zusatzstoffe und besitzen eine E-Nummer (E 160b).

In Milchprodukten ist Annatto bis zu folgenden Höchstmengen zugelassen [2]:

Tabelle 1: erlaubte Höchstwerte für Annatto in Milchprodukten

Speiseeis	20 mg/kg
aromatisierter Schmelzkäse	15 mg/kg
eßbare Käserinde oder eßbare Wursthülle	20 mg/kg
Margarine; Halbfettmargarine; andere Fettemulsionen und wasserfreie Fette	10 mg/kg
reifender orangefarbener, gelber und perlweißer Käse; nichtaromatisierter Schmelzkäse	15 mg/kg
Red-Leicester-Käse	50 mg/kg
Mimolette-Käse	35 mg/kg
Dessertspeisen	10 mg/kg

Als Nachweisverfahren zur Quantifizierung des Annatto-Gehaltes in Käse stehen zur Zeit folgende Verfahren zur Verfügung:

¹ eMail: poststelle@mlf.bwl.de

Tabelle 2: Analyseverfahren zur Bestimmung von Annatto in Käse

Verfahren nach Lancaster	Verfahren nach Luf/Brandl
Probeneinwaage ↓ 2 x mit Petrolether extrahieren ↓ 2 x mit ethanol. NH_3 -Lsg. extrahieren ↓ 3 x mit CHCl_3 extrahieren ↓ Waschen mit 1 % CH_3COOH ↓ Eindampfen ↓ Aufnehmen in Methanol ↓ HPLC	Probeneinwaage ↓ 1 h schütteln mit salzsaurem Aceton ↓ ↓ ↓ Extrakt eindampfen ↓ Aufnehmen in Aceton ↓ HPLC / Derivativspektroskopie

Das Verfahren nach Lancaster [3] ist sehr zeitaufwändig und benötigt halogenierte Lösemittel. Es wurde deshalb nicht weiter verfolgt.

Besser scheint die Methode nach Luf/Brandl [4]. Wird Annatto nach dieser Methode über HPLC bestimmt, so muss Aceton als Laufmittel verwendet werden. Bei der Derivativspektroskopie stört das mitextrahierte β -Carotin. Die eindeutige Bestimmung von Bixin/Norbixin ist erst möglich, wenn der Gehalt dieser Substanzen mindestens 25 % des β -Carotingehaltes ausmacht. Diese Schwierigkeiten können überwunden werden durch Einführung der Festphasenextraktion (SPE) als zusätzlichen Schritt während der Probenvorbereitung. Dadurch ist es jetzt möglich, das störende Fett und ?-Carotin quantitativ abzutrennen. Das SPE-Eluat mit den Annattofarbstoffen kann direkt zur HPLC oder Photometrie eingesetzt werden [5].

HPLC:

Das SPE-Eluat ist löslich in Acetonitril, Methanol und Wasser und enthält kein Fett mehr, das ausfallen kann. Auf Aceton als Laufmittel kann verzichtet werden. Dies dürfte die Lebensdauer der RP-Phase entscheidend verlängern.

Die Chromatogramme der reinen Standardsubstanzen sind identisch mit denjenigen nach Aufarbeitung realer Proben (Abb. 1). Eine Überlagerung mit Störpeaks ist also auszuschließen.

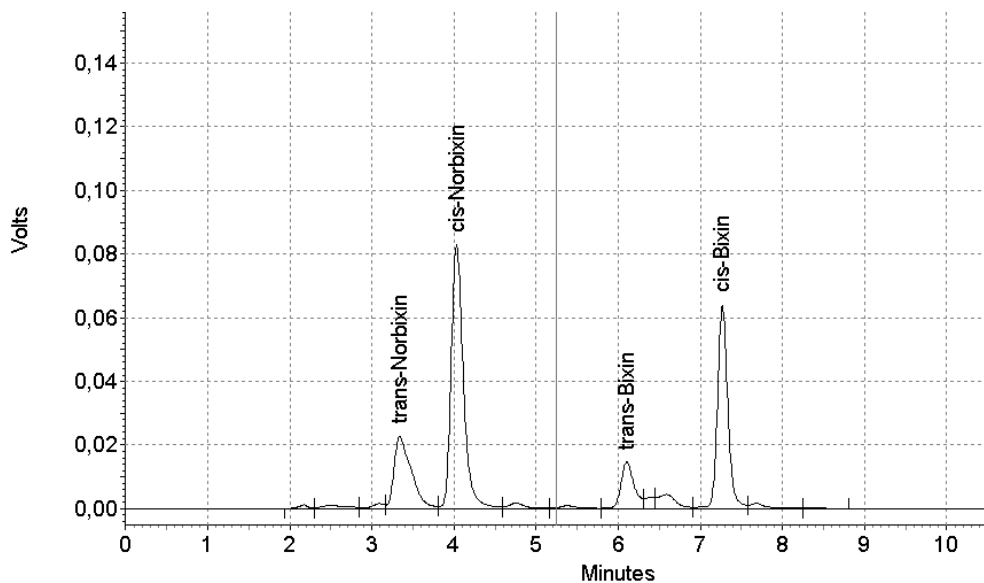


Abbildung 3: Chromatogramm einer mit Bixin und Norbixin dotierten Käseprobe

Die Quantifizierung über HPLC erfolgt mit Hilfe einer Eichgeraden. Da Bixin und Norbixin nicht als Reinsubstanzen erhältlich sind, muss vor Herstellung der Standardlösungen der genaue Gehalt der Stammlösungen photometrisch bestimmt werden.

Photometrie:

Ein einfacheres und vor allem schnelleres Verfahren ist die Photometrie. Die Messung ist in wenigen Sekunden erledigt und durch die Einführung der SPE am Ende der Probenvorbereitung unabhängig vom ursprünglichen Gehalt an β -Carotin in der Probe. Es werden keine externen Standards benötigt. Die Auswertung erfolgt über die Formel:

$$b_{\text{Annatto}} = (A_1 \cdot 10\,000) / E_{1\text{cm}}^{1\%} \quad \text{Formel 1}$$

β_{Annatto} : Annatto-Gehalt in der Lösung, in mg/l

A_{λ} : gemessene Extinktion für Bixin und Norbixin bei $\lambda = 488 \text{ nm}$

$E_{1\text{cm}}^{1\%}$: Extinktionswert für Bixin und Norbixin bei 488 nm in 1 %iger Lösung und bei 1 cm Schichtdicke der Küvette

Bei Anwendung dieser Methode kann zwischen Norbixin und Bixin nicht unterschieden werden. Für die Praxis ist dies ohne Belang, da beide Substanzen als Annattofarbstoff erfasst werden. Um Fehler bei der Auswertung zu vermeiden, müssen Norbixin und Bixin jedoch gleiche oder zumindest ähnliche Extinktionswerte aufweisen. Zur Überprüfung, ob diese Voraussetzung auch bei der hier vorgestellten Methode erfüllt ist, wurden die Spektren der Reinsubstanzen in dem bei der SPE verwendeten Lösemittelgemisch (Methanol:Eisessig 7:3 (v:v)) aufgenommen und im Bereich zwischen 360 und 520 nm verglichen. Als Beispiel ist das Spektrum von Norbixin abgebildet (Abbildung 4).

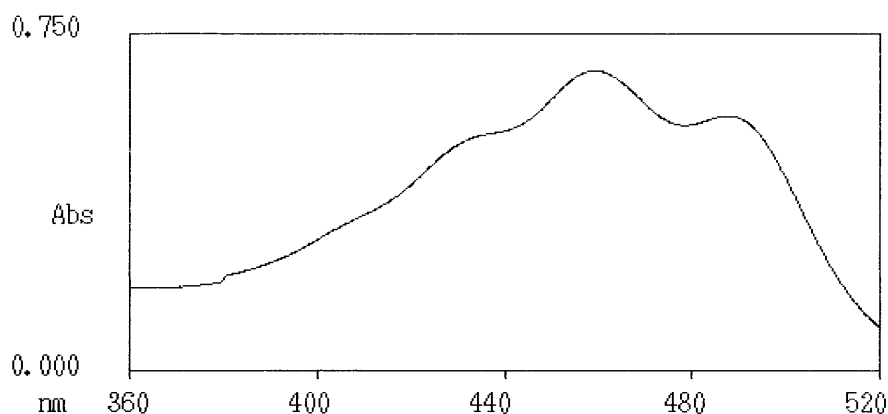


Abbildung 4: UV/Vis-Spektrum von Norbixin

Die Absorptionsspektren von Bixin und Norbixin sind sehr ähnlich. Die Extinktionswerte wurden in den Absorptionsmaxima berechnet. Die Ergebnisse in Tabelle 3 zeigen, dass die gestellten Anforderungen am besten bei 488 nm erfüllt sind. Die absolute Differenz beträgt hier 152, der Mittelwert der Extinktionswerte liegt bei 2931. Dieser Wert kann zur Berechnung der Konzentration in Formel 1 eingesetzt werden. Die Ergebnisse der Photometrie sind hinreichend genau. Im schlimmsten Fall ergibt sich dabei ein um 2,7 % zu hoher Annatto-Gehalt, wenn der Farbstoff zu 100 % aus Norbixin besteht oder ein um 2,5 % zu niedriger Gehalt, wenn der Farbstoff zu 100 % aus Bixin besteht. Im Vergleich zur HPLC ist diese Methode jedoch wesentlich schneller und einfacher durchzuführen.

Tabelle 3: Absorptionsmaxima und berechnete Extinktionskoeffizienten in Methanol/Eisessig

Absorptionsmaximum $\lambda_{\max}$ [nm]	Extinktionswert $E_{1\text{cm}}^{1\%}$ Bixin:	Extinktionswert $E_{1\text{cm}}^{1\%}$ Norbixin:	Differenz
488	3007	2855	152
460	3934	3380	553
436	4103	2698	1405

Spezifität der Aufarbeitung:

Um eine evtl. Überlagerung mit anderen Farbstoffen auszuschließen, wurde eine Annatto-Standardlösung zusammen mit den in der Zusatzstoff-Zulassungsverordnung (ZZuV) [2] genannten Zusatzstoffen E 100 (Curcumin), E 102 (Tartrazin), E 104 (Chinolingelb), E 110 (Gelborange S), E 120 (Echtes Karmin), E 124 (Cochenillerot), E133 (Brillantblau FCF), E 160 a (β -Carotin), E 160e (β -Apo-8'-Carotinal) und E 160f (β -Apo-8'-Carotinsäure-ethylester) aufgearbeitet und photometrisch gemessen.

Es zeigte sich, dass nur E 100 und E 160e den Annatto-Nachweis beeinflussen können. Beide Substanzen lassen sich jedoch leicht durch ein fluoreszierendes SPE-Eluat (E 100) bzw. durch eine rot-violette Verfärbung der SPE-Säule (E 160e) erkennen.

Statistische Daten:

Die mit HPLC und Photometrie ermittelten Messwerte stimmen sehr gut überein (Abbildung 5). Der Korrelationskoeffizient zwischen den beiden Methoden liegt bei $R^2 = 0,9989$.

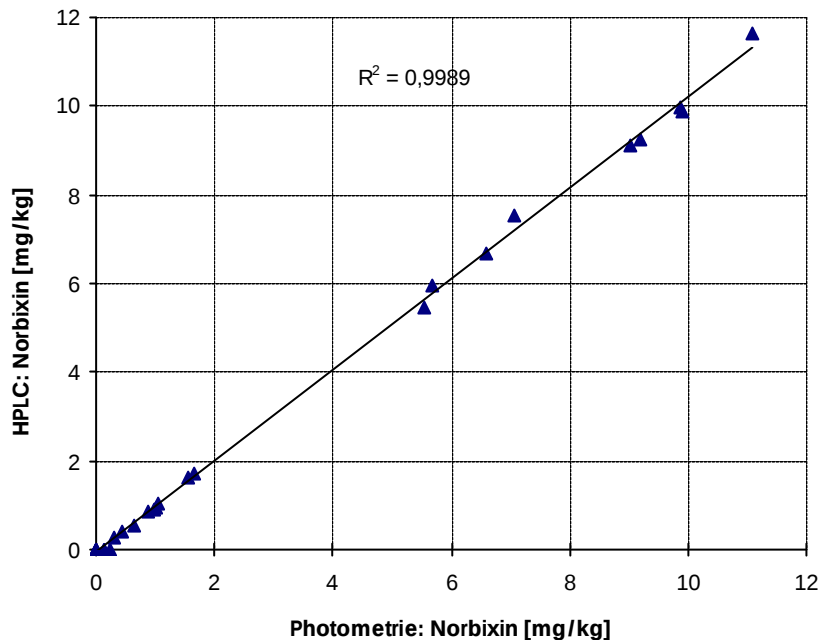


Abbildung 5: Korrelation HPLC/Photometrie

Die Linearität der Kalibriergeraden wurde im Bereich zwischen 0,15 und 10 mg/kg sowohl für Bixin als auch für Norbixin überprüft. Liegen höhere Gehalte vor, muss die Lösung zur Photometrie verdünnt werden. Die Korrelationskoeffizienten lagen bei der Photometrie für Bixin bei $R^2 = 1,000$ und für Norbixin bei $R^2 = 0,9995$. Bei der HPLC wurden Werte von $R^2 = 0,9999$ für Bixin und $R^2 = 0,9995$ für Norbixin ermittelt. Die Bestimmungsgrenze liegt jeweils bei 0,15 mg/kg.

Die Wiederfindungsraten von Bixin und Norbixin wurden in dotierten Käse- und Schmelzkäseproben bestimmt und lagen zwischen 80 und 100 %.

Schlussfolgerungen

Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, dass es möglich ist, mit einem einfachen photometrischen Verfahren den Annatto-Gehalt in Käse quantitativ zu bestimmen. Das störende Fett kann ohne halogenierte Lösemittel effektiv abgetrennt werden. Nach Optimierung der Probenvorbereitung spielt es im Gegensatz zu bisherigen spektroskopischen Verfahren keine Rolle mehr, ob in der untersuchten Probe nebenher β -Carotin enthalten ist. Von den in der ZZuV [2] genannten anderen Farbstoffen stören nur E 100 (Curcumin) und E 160 e (β -Apo-8'-Carotinal) den Nachweis von Annatto über Photometrie. Curcumin kann einfach durch Prüfung auf Fluoreszenz nachgewiesen werden, E 160 e lässt sich durch eine rot-violette Färbung der Festphasensäule erkennen. Liegen Hinweise auf einen dieser beiden Farbstoffe vor, so ist die HPLC vorzuziehen. Mit Hilfe der HPLC lässt sich Annatto auch in seine möglichen Hauptbestandteile trennen. Diese Zusatzinformation, ob mehr Bixin oder mehr Norbixin vorliegt, zeigt an, nach welcher Methode das vorliegende Annatto gewonnen wurde.

Literatur

- [1] Collins P (1992) Food Ingredients and Processing International Feb.: 23 - 27
- [2] Verordnung über die Zulassung von Zusatzstoffen zu Lebensmitteln zu technologischen Zwecken (Zusatzstoff-Zulassungsverordnung – ZZuV) Bundesgesetzblatt (2000) Teil I Nr. 50: 1520
- [3] Lancaster F E, Lawrence J F (1995) Food Additives And Contaminants 22 (1), 9 - 19
- [4] Luf W, Brandl E (1988) Z Lebensm Unters Forsch 186: 327 – 332
- [5] Bareth A, Strohmar W, Kitzelmann E, Eur Food Res Technol, DOI 10.1007/s00217-002-0541-y

Qualitätsmanagementsystem mit integrierter tierärztlicher Bestandskontrolle in Milcherzeugerbetrieben

Kirst, Eberhard (Berlin)¹

Durch Tierseuchen, lebensmittelbedingte Erkrankungen (foodborn diseases) und Skandale in der landwirtschaftlichen Produktion ist ein verstärktes Augenmerk auf Lebensmittelsicherheit und gesundheitlichen Verbraucherschutz gerichtet. Das erfordert Qualitätsmanagementsysteme (QMS) zur Erreichung einer Transparenz der Produktion und Untersuchung der Erzeugnisse („gläserne Produktion“). Diese Transparenz könnte durch ein QMS für betriebseigene Kontrollen

analog § 16 Milch-VO bzw. § 4 Lebensmittelhygiene-VO erreicht werden.

Bei Fleisch und Wurstwaren ist 2001 durch das Ministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) für Produkte aus der konventionellen Landwirtschaft (Abb.1) eingeführt worden, dessen Vergabebedingungen zwischen Vertretern des



Qualität und Sicherheit
für Lebensmittel vom Erzeuger bis zum Verbraucher

BMVEL, der Landwirtschaft, der Fleischverarbeitung, des Handels und der Zentralen Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft (CMA), z.B. Ausschluß antibiotischer Leistungsförderer, vereinbart wurden. Es umfaßt eine durchgängige Qualitätskontrolle vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt im Handel. Da diese durchgängige Qualitätskontrolle bei Milch und Milcherzeugnissen bereits existiert, ist eine Übertragung des für Fleisch entwickelten Systems auf die Milcherzeugung nicht sinnvoll. Deshalb sollte hier ein QMS, das im Normalfall ohne zusätzlichen Untersuchungsaufwand auskommt, zur genauen Dokumentation aller Produktionsschritte, Untersuchungen und Maßnahmen aufgebaut werden.

Abb. 1: QS-Siegel für Produkte aus der konventionellen Landwirtschaft

In Belgien ist die Mehrzahl der Milcherzeugerbetriebe nach dem IKM-System (Integrale Kwaliteitszorg Melk) und in den Niederlanden nach dem KKM-System (Ketem Kwaliteit Melk) zertifiziert. In Belgien waren Mitte 2002 80 % [1] und in den Niederlanden Anfang 2002 bereits 99 % der Milcherzeuger nach den genannten Systemen zertifiziert [2]. Zur Forcierung der Zertifizierung der Milcherzeugerbetriebe werden in Flandern von den Molkereien befristete monatliche Förderprämien von etwa 250 Euro und in Wallonien von etwa 125 Euro an die Landwirte gezahlt. Der niedrigere Betrag ergibt sich daraus, dass die Kosten für die Zertifizierung nach dem IKM-System und die Durchführung der Qualitätskontrolle in Wallonien von den Molkereien (etwa 0.50 Euro/100 l Milch), in Flandern von den Landwirten getragen werden [1].

In Deutschland existiert noch kein einheitliches System zur Zertifizierung von Milcherzeugerbetrieben. Deshalb wurden bereits Betriebe nach DIN EN ISO 9001 zertifiziert. Dieser Standard erfaßt die Qualitätsgesichtspunkte für Rohmilch nur teilweise, insbesondere der veterinärmedizinisch-hygienische Aspekt ist unzureichend berücksichtigt, so dass die Notwendigkeit für ein spezielles QMS für Milcherzeugerbetriebe mit integrierter tierärztlicher Bestandsbetreuung (ITB) besteht. Die ITB ist aufgrund des engen Zusammenhanges zwischen Fütterung, Tiergesundheit und Milchqualität (Abb. 2) erforderlich. Dieser Gesichtspunkt wird

¹ eMail: FoodRheology@LB.TU-Berlin.DE

auch durch den Zusammenschluß der Tierarztpraxen in der Interessengemeinschaft ITB im Bundesverband Praktischer Tierärzte e.V. (BPT) unterstrichen[3].

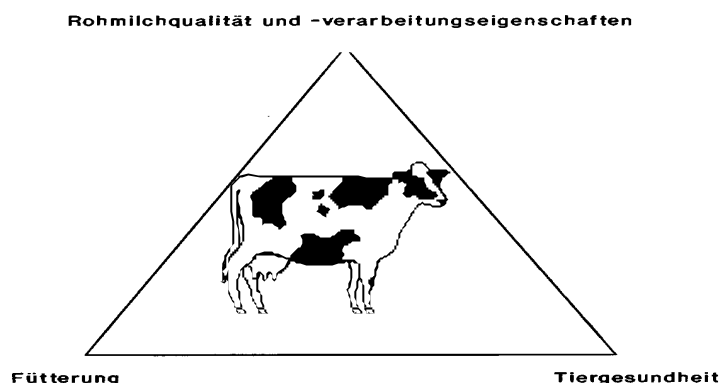


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Fütterung, Tiergesundheit und Rohmilchqualität

Das vorgeschlagene System umfaßt die Säulen Tiergesundheit, Herdenfruchtbarkeit, Management der Tierhaltung, Fütterung und Milchuntersuchung (Abb. 3). Das Gebiet der Milchuntersuchung erstreckt sich auf obligatorische Parameter (gemäß Milch-Güte-VO), fakultative Parameter (gemäß Lieferordnung der Molkerei entsprechend deren Produktionsprofil) und zusätzliche Parameter (Abb. 4). Letztere sollten nur untersucht werden, wenn die Untersuchung der obligatorischen Parameter zu Ergebnissen führt, die bestimmte vorgegebene Warnwerte überschreiten. Im Falle von Untersuchungsergebnissen nahe den Grenzwerten können die Untersuchungsintervalle verkürzt werden. Z.B. kann in Neuseeland die Untersuchungshäufigkeit bei Zellzahl-Ergebnissen nahe dem Grenzwert bis zur täglichen Probenahme erhöht werden.

Neben den genannten Parametern hat auch die Dokumentation des Tierbestandes (Zugänge, Abgänge, Kohorten, Fütterungsgruppen, zeitweise Aufstallung im Krankenstall u. dgl.) innerhalb des QMS große Bedeutung. Die alleinige Registrierung der Ohrmarken im Zentralrechner in München bzw. der EU reicht zur Verfolgbarkeit von Tierbewegungen innerhalb des Betriebes nicht aus.

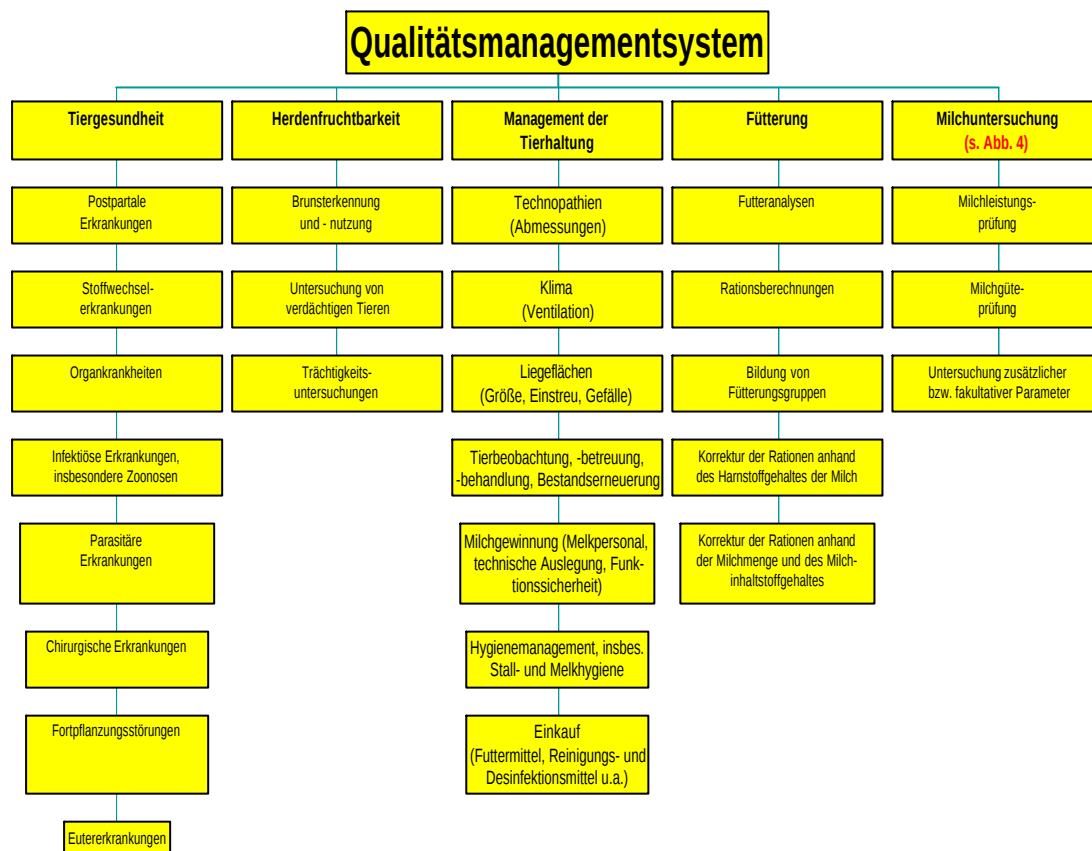


Abb. 3: Qualitätsmanagementsystem mit ITB in Milcherzeugerbetrieben

Besondere Bedeutung kommt auch der Zertifizierung von der Milcherzeugung vorgelagerten Bereichen, z.B. der Futtermittelhersteller, zu, da deren Qualitätssicherung unmittelbare Auswirkung auf ein QMS in Milcherzeugerbetrieben hat und damit Voraussetzung für die Wirksamkeit deren QMS ist.

Die Funktion eines solchen Qualitätsmanagementsystems entspricht der eines HACCP-Konzepts (Hazard analysis critical control point):

- in einem QM-Handbuch werden die Abläufe im Betrieb beschrieben und alle QM-Maßnahmen festgelegt,
- es werden alle Kontrollparameter festgelegt (im Management der Tierhaltung, auch für technische Ausrüstungen, bezüglich Tiergesundheit, Fütterung, Milchuntersuchung usw.),
- für alle Kontrollparameter werden Soll-, ggf. auch Warnwerte festgelegt,
- es werden Kontrollintervalle vorgegeben,
- bei Erreichung der Warnwerte werden zusätzliche Kontrollparameter eingeführt,

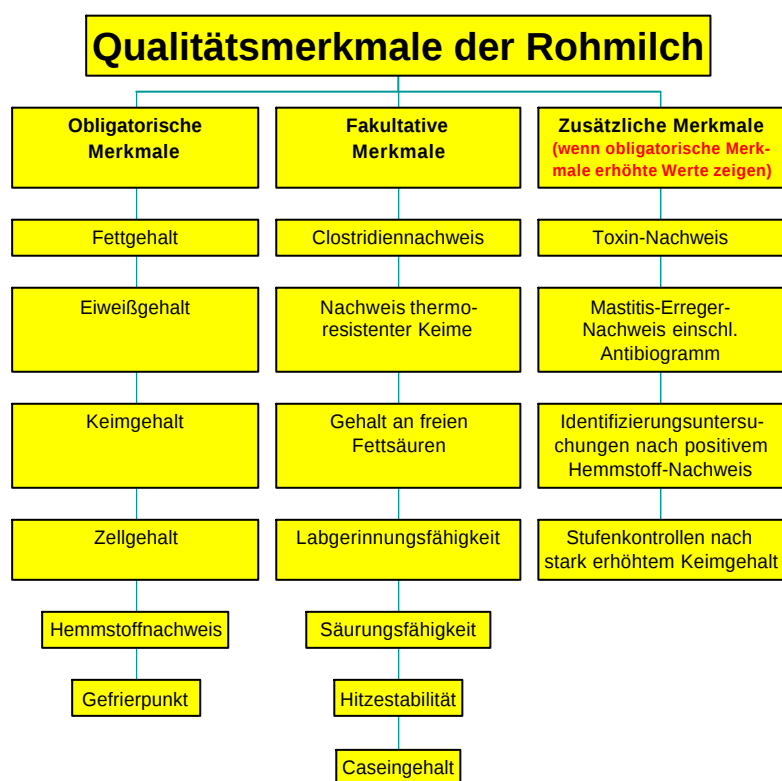
- es werden Maßnahmen zur Einhaltung der Sollwerte bzw. bei Nichteinhaltung der Sollwerte vorgegeben und
- Festlegungen zur genauen Dokumentation aller Abläufe, durchgeführten Untersuchungen, Prüfergebnisse und Maßnahmen getroffen.

Der letztgenannte Punkt, die genaue Dokumentation, ist der wesentlichste für die Transparenz des gesamten Systems zur Qualitätssicherung.

Für die Milchuntersuchung sind die Kontrollparameter, Sollwerte, Bewertung der Untersuchungsparameter, Kontrollintervalle und Maßnahmen zur Sicherung des Sollwertes bzw. bei Nichteinhaltung des Sollwertes in Tab. 1 zusammengestellt.

Das vorgeschlagene System soll als Diskussionsgrundlage und zum Vergleich mit den Systemen anderer Länder dienen, um für Deutschland ein optimales System zur Zertifizierung der Milcherzeugerbetriebe entwickeln zu können.

Abb. 4: Qualitätsmerkmale der Rohmilchuntersuchung



Tab. 1: Kontrollpunkte im Rahmen eines QMS zur Sicherung der Milchqualität

Kontrollpunkt	Sollwert	Bewertung der Untersuchungsparameter	Kontrollintervalle *)	Maßnahmen zur Sicherung des Sollwertes bzw. bei Nichterfüllung des Sollwertes
Keimzahl	≤ 100.000/ml	Ausdruck der hygienischen Bedingungen bei der Milchgewinnung und –lagerung	2 – 3 x/Monat im Rahmen der Milchgüteprüfung	Gründliche Reinigung und Desinfektion der Melkanlage, Überprüfung der Kühlanlage, Stufenkontrollen zur Ursachenermittlung
Zellzahl	≤ 400.000/ml	Ausdruck der Eutergesundheit	3 – 4 x/Monat im Rahmen der Milchgüteprüfung und monatlich von der Milch der Einzeltiere im Rahmen der Milchleistungsprüfung (MLP)	Bei Anstieg der Zellzahl (ZZ) der Anlieferungsmilch auf > 150.000/ml – Prüfung der ZZ jedes Tieres, bei Tieren mit erhöhter ZZ Durchführung des Erregernachweises und Erstellung eines Antibiotogrammes (Resistenztest) und Behandlung der Tiere entsprechend der erzielten Untersuchungsergebnisse – anschließend Überprüfung des Behandlungserfolges
Hemmstoff	n.n.		Regelmäßig, vielfach tägliche Probenahme	Eigenkontrolle einer Probe vor jeder Lieferung, Prüfung jedes behandelten Tieres vor Einbeziehung dessen Milch in die Lieferung
Fettgehalt	4,0 ... 5,0 %	Bewertung im Zusammenhang mit dem Eiweißgehalt (Fett/Eiweiß-Quotient – FEQ)	3 – 4 x/Monat im Rahmen der Milchgüteprüfung und monatlich von der Milch der Einzeltiere im Rahmen der MLP	Veränderung der Fütterung entsprechend der Beurteilung anhand des Harnstoff- und des Eiweißgehaltes der Milch
Eiweißgehalt	≥ 3,20 %	Bewertung im Zusammenhang mit dem Fettgehalt (FEQ)	3 – 4 x/Monat im Rahmen der Milchgüteprüfung und monatlich von der Milch der Einzeltiere im Rahmen der MLP	Veränderung der Fütterung entsprechend der Beurteilung anhand des Harnstoff- und des Eiweißgehaltes der Milch
Fettfreie Trockenmasse	≥ 8,70 %		3 – 4 x/Monat im Rahmen der Milchgüteprüfung	Prüfung auf evt. eingebrachtes Fremdwasser und Überprüfung der Fütterung
Harnstoffgehalt	150 ... 300 mg/l (besser entsprechend der Milchleistung)	Ausdruck des Energie- und Rohproteingehaltes der Fütterung bzw. der Futterverwertung	3 – 4 x/Monat im Rahmen der Milchgüteprüfung	Veränderung der Fütterung entsprechend der Beurteilung anhand des Harnstoff- und des Eiweißgehaltes der Milch

Fortsetzung der Tab. 1:

Kontrollpunkt	Sollwert	Bewertung der Untersuchungsparameter	Kontrollintervalle *)	Maßnahmen zur Sicherung des Sollwertes bzw. bei Nichterfüllung des Sollwertes
Fett/Eiweiß-Quotient (FEQ)	1,1 ... 1,4	Ausdruck des Energie- und Rohproteingehaltes der Futterration bzw. der Futterverwertung, insbesondere bei sehr hohem FEQ Hinweis auf mögliche Ketose (Ketonämie)	3 – 4 x/Monat im Rahmen der Milchgüteprüfung und monatlich von der Milch der Einzeltiere im Rahmen der MLP	Veränderung der Fütterung, insbesondere Verbesserung der Energiebilanz der Tiere (Erhöhung des Energiegehaltes der Futterration, Verbesserung der Futteraufnahme)
Nachweis euterpathogener Keime	n.n. bzw. kein ++ oder +++	kein vermehrtes (++) oder massenhaftes (+++) Auftreten in der Anlieferungsmilch	In monatlichem bzw. zweimonatigem Abstand bzw. bei erhöhten Werten der Zellzahl	bei Nachweis dieser Keimarten in der Anlieferungsmilch die verursachende Kuh ermitteln und nach Erregernachweis und Resistenztest behandeln – anschließend Überprüfung des Behandlungserfolges
Nachweis von Bakterientoxinen	n.n.	Bakterientoxine dürfen nicht nachweisbar sein	bei erhöhten Werten der Zellzahl	bei Nachweis von Bakterientoxinen in der Anlieferungsmilch die verursachende Kuh ermitteln und nach Erregernachweis und Resistenztest behandeln – anschließend Überprüfung des Behandlungserfolges
Gefrierpunkt	$\leq -0,520\text{ °C}$	Ausdruck des Gehaltes an osmotisch wirksamen Inhaltsstoffen (Lactose, Mineralstoffe u.ä.)	einmal oder mehrmals monatlich im Rahmen der Milchgüteprüfung	Untersuchung des Gefrierpunkts der Milch jeder Einzelkuh, Prüfung auf evt. eingebrachtes Fremdwasser und Überprüfung der Fütterung, insbesondere Verbesserung des Mineralstoffgehaltes des Futters bzw. der Mineralstoff-Resorption
Stufenkontrolle der Keimzahl		Ermittlung der Prozeßstufe, in der die Keimzahlerhöhung eintritt	bei Keimzahlen > Sollwert	
Hemmstoff-Identifizierung		Nachweis, dass keine unerlaubten Antibiotika verwendet wurden	bei positivem Hemmstoff-Nachweis	

n.n. = nicht nachweisbar

*) Verkürzung der Untersuchungsintervalle, wenn Werte nahe der Grenze der Sollwerte erreicht werden

Literatur:

1. VDM-Schnellinformationen 23/2000, S. 5
2. Pries, B.: Vortrag auf der DLG-Wintertagung 2002 am 09. Januar 2002
3. BPT-Info, Mai 2001, S. 13

Produktsicherheit und Qualität bei der fermentativen Herstellung von Chymosin

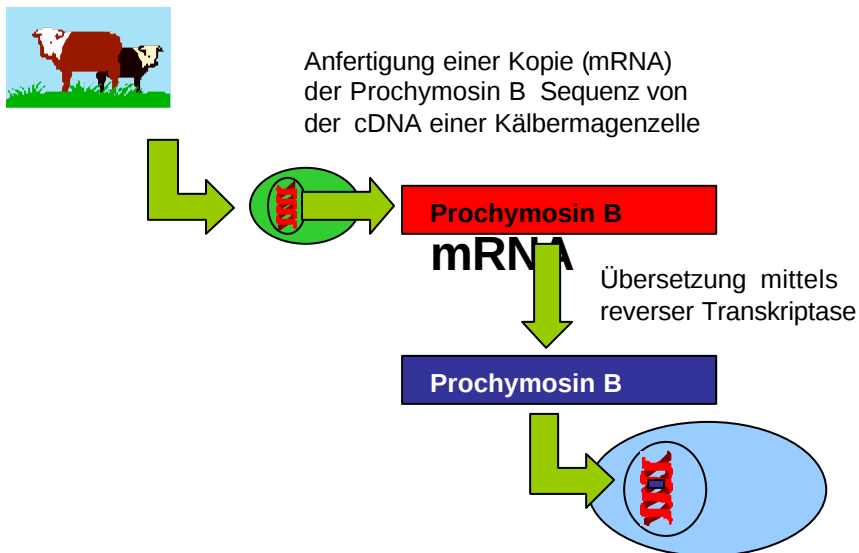
Kolb, Michael (Dipl. Ing. FH), Nienburg¹

Erfindung eines reinen Käselabs:

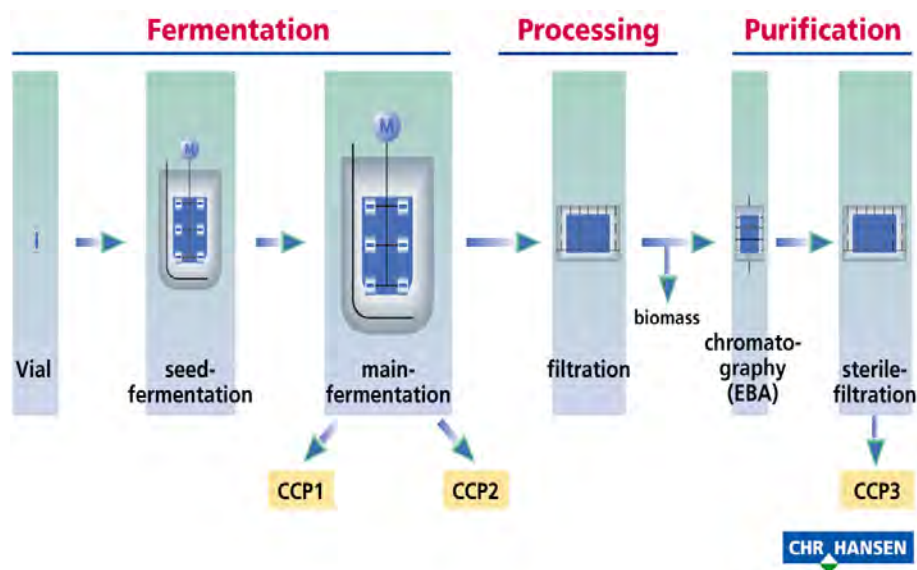
- Kontrollierte Käseherstellung
- Erhöhte Ausbeute
- Gesunder Käse für Millionen von Menschen

Erfindung von CHY-MAX:

- Neue Qualitätsstandards
- Schließt Rohstoffknappheit aus
- Schließt Kontaminationsrisiken aus CHYMOSIN - AUS DEM FERMENTER:



¹ eMail: michael.kolb@de.chr-hansen.com

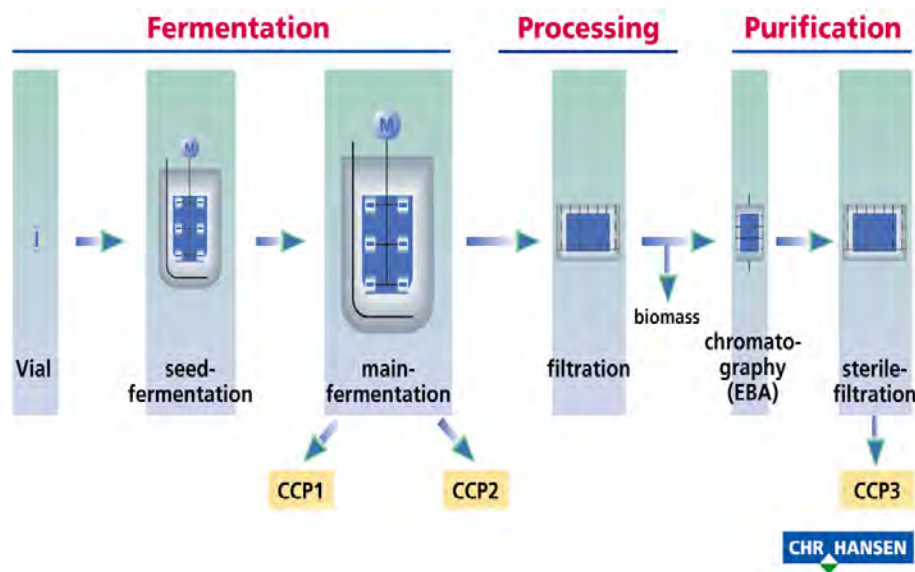
Herstellungsprozess von CHY-MAX:Chr. Hansen Deutschland Qualitätsmanagementprogramme:

- HACCP-Konzept für die Ansprüche der Lebensmittelindustrie
- Qualitätsmanagementsystem und Umweltmanagementsystem zertifiziert nach ISO 9001:2000/14001:1996

Ziele:

- Aufbau eines Qualitätsmanagementsystem nach dem EFQM-Modell (European Foundation of Quality Management)

HACCP-Konzept (Hazard Analysis Critical Control Points):

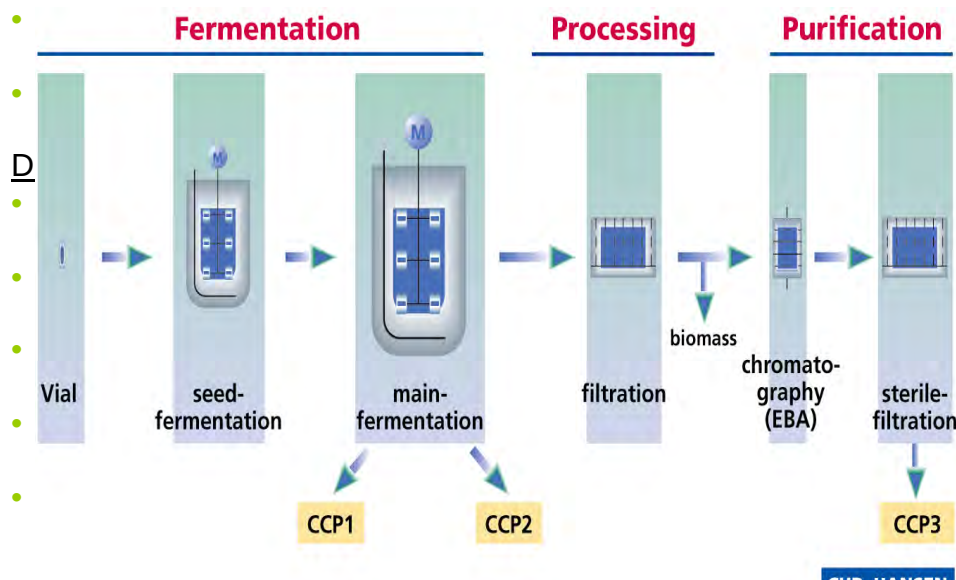


CCP's:

- CCP1: Temperatur bei der Sterilisation des Fermenters vor Fermentationsbeginn
- CCP2: pH der Fermentationsbrühe zum Abtöten der Zellen und Zerstören der DNA
- CCP3: Temperatur bei Sterilisation der Abfüllanlage

Analytik zur Qualitätssicherung:

- Keimzahlbestimmung im Endprodukt
- Milch-Clotting-Aktivität während Prozess
- Milch-Clotting-Aktivität Endprodukt
- Nebenprodukte



- Endkontrolle des Produktes
- Überwachung der einzelnen Prozessschritte
- Überwachungsaudits (Intern und Extern)

Auswirkung des Gentechnikrechts:

- CHY-MAX enthält keine genetisch modifizierten Organismen oder deren DANN
- CHY-Max ist naturidentisch
- Keine genetisch modifizierten Inhaltsstoffe oder technologischen Hilfsstoffe zur Herstellung
- CHY-MAX ist ein technologischer Hilfsstoff für den es keine Anforderungen an die Kennzeichnung auf dem Endprodukt gibt. **Untersuchungen zu**

Nebenprodukten bei der Getreideannahme in Mühlen

I. Mykotoxine, Spurenelemente und mikrobieller Status

Wolff, J. (Detmold); Blüthgen, A.; Brüggemann, J.; Dänicke, S.; Maeting, I.

In den neunziger Jahren sorgte eine Studie durch aus dem Zusammenhang herausgelöste und in Bezug auf die Stoffflüsse falsch interpretierte Befunde zu Dioxin- und Furangelhalten in sogenannten Aspirationsstäuben zum möglichen Gehalt in Futtermitteln für erhebliche Unruhe sowohl bei der politischen Administrative, den beteiligten Wirtschaftsverbänden als auch besonders in der zunehmend gegenüber Schadstoffmeldungen in der Nahrungskette sensibilisierten Bevölkerung. In der Folgezeit wurde die Öffentlichkeit dann noch einige Male durch erhöhte Dioxin-/Furanbefunde in vom Tier stammenden Lebensmitteln mit ursächlicher Beteiligung von Futtermitteln beunruhigt und der Gesetz- und Verordnungsgeber zum entsprechenden Handeln, vor allem dem Festlegen von Höchstmengen aufgerufen.

In einer vom BMVEL geförderten Studie wurde der Frage nachgegangen, ob die Nebenprodukte, die bei der Getreideannahme in Mühlen anfallen, Schadstoffsinken darstellen, wie hoch die Belastung mit unerwünschten Stoffen ist und ob diese Nebenprodukte mit Kleien als Tierfutter abgegeben werden können. Nach Vorlage des Blockdiagramms über den Prozess der Getreideannahme haben 16 Mühlen vier x über ein Jahr Muster eingesandt. Die Mühlen mussten bei der Getreideannahme eine vergleichbare Technik einsetzen und die einzelnen Abgänge getrennt erfassen können. Die Anzahl der Mühlen wurde gewählt, um regionale Einflüsse weitgehend auszuschließen.

Als Ergebnis der Forschungsarbeiten gibt der vorliegende Bericht ein umfassendes Bild zur Kontamination von Getreide und Nebenprodukten der Müllerei mit natürlichen Kontaminanten wie Mykotoxinen, Mineralstoffen und Spurenelementen sowie dem mikrobiologischen Status (Teil I) und einer Auswahl anthropogener Rückstände wie Pflanzen-, Vorratsschutzmittel und Umweltkontaminanten wie Altlastpestizide, polychlorierte Biphenyle, polychlorierte Dibenzodioxine und Furane (Teil II).

Die Mykotoxine: Aflatoxin B1, DON, ZEA, OTA, Mutterkornalkaloide und die mikrobielle Belastung sind ausnahmslos bereits in den Schüttgossenstäuben (M1) in

erheblicher Konzentration nachweisbar; in den weiteren Abgängen (M2 – M5) in zum Teil noch höheren Konzentrationen. Bereits im Silogetreide (M6), das vor der Verrmahlung weitere Reinigungen durchläuft, wurden generell nur noch geringe Anteile der Stoffe nachgewiesen, ebenso in den Kleien aus gereinigtem Getreide, die zum Zeitpunkt der Annahme der bemusterten Partien angefallen sind (M7). Die Annahme-Nebenprodukte stellen für alle untersuchten Stoffe eine Schadstoffsенke dar und der Gehalt an natürlichen Kontaminanten in dem Futtermittel Kleie wird durch Nichtverwenden der Nebenprodukte deutlich reduziert.

Untersuchungen zu Nebenprodukten bei der Getreideannahme in Mühlen,

II. Persistente Organochlorverbindungen (Altlastpestizide, Polychlorierte Biphenyle, Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane) und moderne Pflanzenschutzmittel

Blüthgen, A. (Kiel); Hecht, H.; Rabe, E.; Ruoff, U.; Schwind, K.-H.; Wolff, J.

Die im Jahre 2000 vom (seinerzeitigen) Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten initiierte und geförderte Projektstudie zur Kontamination von Mühlengetreide und dessen Reinigungsabgängen mit umweltoriginären Schadstoffen wurde im Herbst 2001 mit der Untersuchung von je 355 Proben pro Kontaminante über insgesamt vier Probenziehungen der Muster abgeschlossen.

In diesem Beitrag wird zur Kontamination der Schüttgossenstäube (Muster 1; n=47), Transport-, Redler- und Aspirationsstäube (Muster 2; n=50), Abgänge aus Sandsieb, Schwingsieb und Siehter (Muster 3; n=47), Spelzen, Ausputz, Schrollen (Muster 4; n=46), gemischtem Abfall einschließlich Bruchkorn (Muster 5; n=54), gereinigtem Silogetreide (Partiemuster ohne die originären Abgänge 1-5; Muster 6; n=56) und Kleie (ohne Bezug zum Reinigungsprozess; Muster 7; n=55) mit Dioxinen und Furanen (PCDD/F), Polychlorierten Biphenylen (PCB; koplanar und nicht-koplanar), ausgewählten Altlastpestiziden und modernen Pflanzenschutzmitteln (Vorratsschutzmittel auf der Basis der Organophosphate und Pyrethroide) Stellung genommen.

Absicht der Untersuchungen war es, die Belastung der Reinigungsfraktionen und der Endprodukte mit den o.g. Schadstoffen zu messen und anschließend zu folgern, inwieweit die Entfernung und Heraushaltung der Reinigungsabgänge aus dem Endprodukt zu einer Verminderung des Stoffflusses dieser fettlöslichen und persistenten Verbindungen bis hin zum Verbraucher der vom Tier stammenden Lebensmittel führt. Am Beispiel der Milch kann diese Effizienz quantifiziert werden.

(PCDD/F): Die Befundspanne reicht in Muster 1 von 0,02 bis 9,7 ng WHO-TEQ (PCDD/F)/kg Trockenmasse (TM) mit einem arithm. Mittel/Median von 0,72 bzw. 0,25. Die zusammengefassten Muster 2-5 (n=204) weisen Kontaminationen zwischen 0,01 und 4,2 bei Mittelwerten von 0,18 bzw. 0,07 auf. Wesentlich geringer ist die Belastung von gereinigtem Silogetreide (n=56) mit 0,01 – 0,35 mit Mittelwerten von 0,04 bzw. 0,022. Die nicht aus dem Prozess entnommene Kleie (n=55) ist geringfügig niedriger kontaminiert. PCB: Die Summe der Indikator kongenere gemäß der Schadstoffhöchstmenge V liegt für die Muster 1-5 bei 2,0, für Getreide bei 0,5 und für Kleie bei 0,9 µg/kg TM. Die in toxischen Äquivalenten (TEQ (PCB)) zu quantifizierenden dioxinartigen PCB-Kongenere erreichen in den Mustern 1-5 0,6, in Getreide 0,06 und in Kleie 0,16 ng TEQ/kg TM. Damit ist für die PCDD/F und die PCB eindeutig die äußerliche und damit technologisch weitgehend entfernbare Kontamination (vorwiegend atmogen) nachgewiesen bzw. bestätigt. Bei den Altlastpestiziden sind DDT und die persistenten HCH – Isomere alpha und beta in der Umwelt noch weit verbreitet, wobei die Konzentrationen der Kontamination in Getreide und Kleie mit je 20-40 ng/kg TM für alle drei Wirkstoffe sehr klein ist. Unter den modernen Pflanzenschutzmitteln wurden u.a. phosphororganische Vorratsschutzmittel untersucht. Aufgrund der Direktanwendung liegen diese Rückstände mit den Maxima durchaus im unteren mg/kg-Bereich, im Median aber unter 200 µg/kg bei bis zu 40-%-Häufigkeit der positiven Proben.

Unter den Aspekten des Verbraucherschutzes ist der Transfer der fettlöslichen persistenten Kontaminanten aus Futtergetreide oder Kleie (2,5 kg/Tag/Milchkuh) am Beispiel der Milch nachprüfbar. So werden die gesundheitlich sicheren Grenzdosen pro Verbraucher und Zeitraum zu folgen Anteilen durch den durchschnittlichen täglichen Milchverzehr ausgeschöpft: DDT: 0,0003 %, beta-HCH: 2,0 %; Ges. PCB: 0,07 %; PCDD/F: 2,8 %. Bei Verbleib der z.T. höher belasteten Reinigungsabfälle in der Futtermittelversorgung wären diese als unbedenklich einzustufenden Prozentsätze wesentlich höher.

Einsatz und Nachweis von probiotischen Mikroorganismen in Mischfuttermitteln

Bucher, Erwin (Oberschleißheim); Steuer, Georg¹; Thalmann, Alfred

Der Begriff „Probiotikum“ wurde erstmals von LILLEY und STILLWELL (1965) verwendet, um offensichtlich einen Gegensatz zum Wort „Antibiotikum“ auszudrücken. Im Futtermittelrecht ist dieser Begriff nicht existent, Probiotika sind unter der Rubrik „Mikroorganismen“ bei den Zusatzstoffen eingeordnet.

Probiotika sind Zusatzstoffe lebender Mikroorganismen, welche die Darmflora im positiven Sinne beeinflussen. Nicht alle Wirkungen von Probiotika sind bis heute wissenschaftlich hinreichend begründet. In der Summe wirken sie Störungen des Gleichgewichts der Darmflora entgegen und tragen somit zur Eubiose bei.

In diesem Referat werden behandelt

- die zugelassenen probiotischen Wirkstoffe
- die zu ihrem Nachweis erforderlichen Methoden und deren Besonderheiten
- die Analysenspielräume
- die Entwicklung des Einsatzes in den letzten Jahren
- die Ergebnisse aus den Prüfungen der DLG/VFT

Probiotische Zusatzstoffe

Durch EU-Verordnungen bzw. per Ausnahmegenehmigung sind derzeit 20 dieser Zusatzstoffe zugelassen, welche die Anforderungen hinsichtlich ihrer Anwendungssicherheit und der Sicherheit für Tier, Mensch und Umwelt erfüllen (Darstellung 1). Sie sind in 3 Gruppen unterteilbar:

- Sporen von Stämmen der Gattung *Bacillus* (3 Präparate)
- vegetative Milchsäurebakterien der Spezies *Enterococcus faecium* und der Gattungen *Lactobacillus*, *Streptococcus* und *Pediococcus* (12 Präparate)
- vegetative Hefen der Art *Saccharomyces cerevisiae* (5 Präparate)

Von Sporen und vegetativen Zellen ist ein unterschiedliches Stabilitätsverhalten bei der Mischfutterherstellung zu erwarten. Im Gegensatz zu den vegetativen Formen sind Sporen von *Bacillus* relativ unempfindlich gegen erhöhte Temperaturen (Konditionieren und Pelletieren), wie auch gegen erhöhte Salzkonzentrationen (Mineralfuttermittel).

Den technologischen Anforderungen wird insofern Rechnung getragen, als neben pulverförmigen und granulierten Probiotika-Konzentraten auch wesentliche stabilere verkapselte oder anderweitig geschützte Präparate auf dem Markt gebracht wurden.

¹ eMail: g.steuer@dlg-frankfurt.de

Darstellung 1: Probiotische Zusatzstoffe nach RL 70/524/EWG zugelassen –
Stand Febr. 2002

Zusatzstoff	Handelsname	Referenzstamm
Bacillus (Sporen) N = 3		
Bacillus cereus var. toyoi	TOYOCERIN	NCIMB 40112/CNCM I-1012
Bacillus cereus	PACIFLOR	CIP 5832/ ATCC 14893
Bacillus licheniformis + Bacillus subtilis	Bioplus 2B	DSM 5749 + DSM 5750
Milchsäurebakterien N = 12 (vegetativ)		
Enterococcus faecium	ORALIN	DSM 10 663 / NCIMB 10415
	CYLACTIN	NCIMB 10415
	PUCOFERM / MICROFERM	DSM 5464
	LACTIFERM	NCIMB 11181
	FECINOR	CECT 4515
	Biomim IMB 52	DSM 3530
Enterococcus faecium (2 Stämme)	PROBIOS	ATCC 53519 + ATCC 55593
Enterococcus faecium + Lactobacillus rhamnosus	BONVITAL	DSM 7134 + DSM 7133
Enterococcus faecium + Lactobacillus casei	GARDION	NCIMB 30098 + NCIMB 30096
Streptococcus infantarius + Lactobacillus plantarum	Adjulact 2000	CNCM I-841 + CNCM I-840
Lactobacillus farciminis	BIACTON	CNCM MA 67/4R
Pediococcus acidilactici	BACTOCELL	CNCM MA 18/5M
Hefen (vegetativ) N = 5		
Saccharomyces cerevisiae	BIOSAF	NCYC Sc 47
	YEA-SACC	CBS 493.94
	LEVUCCELL SB	CNCM I-1079
	LEVUCCELL SC	CNCM I-1077
	BIOSPRINT	MUCL 39 885

Methoden

Für die Erteilung einer Zulassung durch die EU sind u.a. auch Bestimmungsmethoden einzureichen.

Leider waren den Zulassungsdossiers oft keine ausreichend ausgearbeiteten und erprobten Methoden beigelegt, so dass noch erhebliche Entwicklungsarbeit zu leisten war und ist.

Das Prinzip einer mikrobiologischen Bestimmungsmethode besteht aus der Herstellung einer Ausgangssuspension und einer nachfolgenden dezimalen Verdünnungsreihe. Aus diesen werden definierte Mengen entnommen und mit einem Nachweismedium vermischt. Nach einer Inkubation bei einer dem betreffenden Keim angepassten Temperatur und Bebrütungszeit sind die zu Kolonien herangewachsenen Keime als koloniebildende Einheiten (KBE) pro Gramm Probe auszählbar.

Der grundsätzliche Unterschied zu einem chemischen Bestimmungsverfahren liegt darin, dass der Analyt nicht gelöst vorliegt, sondern als Partikel in der Suspension verteilt wird.

In Darstellung 2 sind die grundsätzlichen Unterschiede zwischen einem chemisch-analytischen Verfahren und einer mikrobiologischen Bestimmungsmethode in 6 wesentlichen Punkten zusammengefasst.

Darstellung 2: Unterschiedlichkeiten von Analysemethoden für probiotische und andere Zusatzstoffe

Analysenschritte ↓			Methode		Besonderheiten
			chemisch	mikrobiologisch	Erhaltung der Lebensfähigkeit
1	Proben-vorbereitung	Teilprobe	Homo-genisier n (vermahle n)	Vermahlen nicht möglich bei vegetativen Zellen	➔ Stabilität
2	Probenmenge für Analyse		je nach Probenvo- r- bereitung	10 bis 100g	⬅ Anzahl keimhaltiger Partikel bei verkapselten Präparaten: <i>E. faecium</i> , <i>P. acidilactici</i> , <i>S. cerevisiae</i>
3	Extraktion bzw.	Analyt	löslich	Keime in einer Suspension verteilt	⬅ Maßnahmen zum Entfernen Coating und der Vereinzelung der Keime
4	Suspendierung und	Stabilität	+ / - gegeben	gefährdet bei vegetativen Zellen	- osmotischer Wert - pH-Wert - toxische Spurenelemente entfernen
5	Verdünnungen	homogene Verteilung	gegeben	nicht gegeben	- Adsorption an Futtermittelbestandteile ⬅ Maßnahmen zur homogenen Verteilung
6	Bestimmung	Messung	spezifisch	selektive Nachweismedien	➔ Identifizierung: Spezies/Stamm

Ein Homogenisieren von Teilproben z.B. mittels einer Ultrazentrifugalmühle ist bei Vorliegen vegetativer Keime in der Regel nicht möglich, da die Mikroorganismen durch die mechanischen Kräfte teilweise geschädigt werden. Allenfalls statthaft ist ein grobes Zerkleinern von pelletierten Mischfuttermitteln mit Schlagkreuzmühlen (Darstellung 2-1).

In Konsequenz dieser Einschränkung sind speziell bei verkapselten Präparaten hohe Einwaagemengen wegen der geringen Anzahl von Zusatzstoff-Teilchen im Mischfuttermittel notwendig (Darstellung 2-2).

Hierzu ein Beispiel: Das mikroverkapselte Konzentrat ME 10 enthält $10 \cdot 10^9$ KBE *E. faecium*/g auf 4300 Kapseln verteilt. Entsprechend der Berechnung für die Zufallsverteilung von Partikeln (Darstellung 3) enthält ein Mischfutter für Sauen mit einem Mindestgehalt von $0,2 \cdot 10^9$ KBE/kg in einer üblichen Einwaagemenge von 20 g nur 1,7 Kapseln. Hieraus ergibt sich ein theoretischer Variationskoeffizient von ± 77 % für die Verteilung des Analyten in der Matrix. Erst bei 100g Probe mit 8,6 Kapseln wird eine einigermaßen akzeptable Variation von ± 34 % erreicht. Selbst bei dem erlaubten Höchstgehalt von $1,25 \cdot 10^9$ KBE/kg Mischfutter für Sauen ist diese hohe Einwaage notwendig um den Fehler (± 14 %) so gering wie möglich zu halten.

Darstellung 3: Überschlägige Berechnung der Zufallsverteilung (FRIEDRICH, 1978)

$\text{Variation } (\pm \text{V\%}) = \frac{100}{\sqrt{N}}$	N= Anzahl Teilchen
---	--------------------

Nach Möglichkeit sind bei Anwesenheit von gecoateten oder verkapselten Probiotika Probenmengen anzustreben, welche eine Teilchenzahl von 25 (entspricht $V = \pm 20\%$) und mehr erbringen

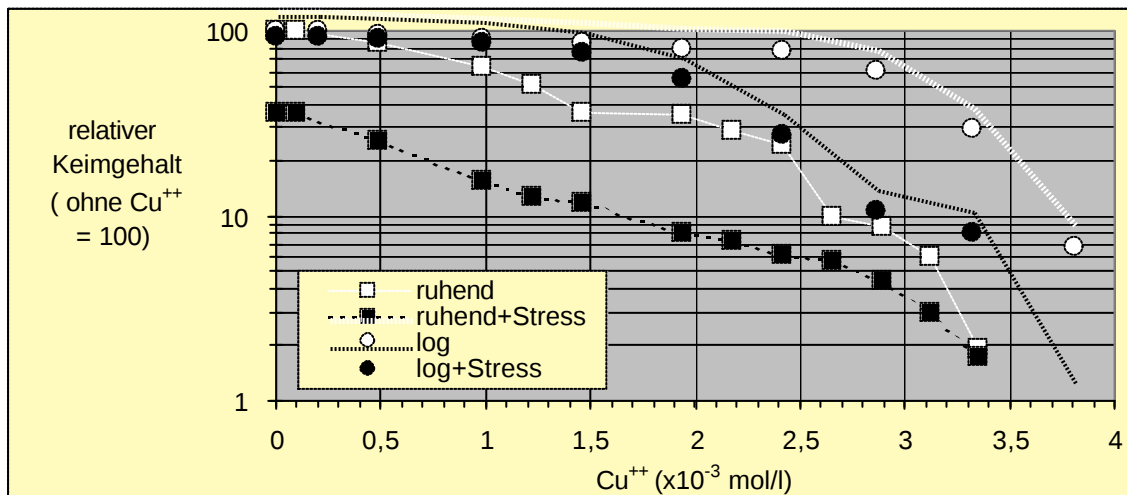
Weiterhin sind geeignete Maßnahmen zu treffen, um die Verkapselungssubstanzen in Lösung zu bringen. Schwierigkeiten treten naturgemäß bei Fetten als Coatingmaterial auf, welche durch spezielle Puffer und Hilfsstoffe emulgierbar gemacht werden müssen. Organische Lösemittel, Enzyme und Wärme sind nicht von Nutzen; sie bewirken oder fördern gegenteilig das Absterben der vegetativen Keime. Außerdem sind die Keime, sofern diese in Clustern zusammenkleben, zu vereinzeln, durch intensives Schütteln oder durch Behandlung in einem Labormixer (Darstellung 2–3).

Zur Erhaltung der Lebensfähigkeit vegetativer Keime ist weiterhin ein weitgehend isotonischer osmotischer Wert und ein pH-Wert im schwach Alkalischen (um pH = 7,5) zu wählen. Auch für die Eliminierung von toxischen Spurenelementen ist Sorge zu tragen (Darstellung 2–4).

Das niedrigste Toxizitätslevel unter den essentiellen Spurenelementen wurde für ionisches Kupfer festgestellt (LEITENBACHER, 1992). Nach nicht veröffentlichten Ergebnissen (BUCHER, 1994) kann bei Anwesenheit von 49 mg Cu^{++}/l einer Mineralfutter-Suspension (entspricht $0,77 \text{ mol}^3/\text{l}$) der Keimgehalt von *Enterococcus faecium* bereits nach einer Minute auf 80 % und nach 10 Minuten auf 60 % des Ausgangswertes abfallen.

Ruhende, inaktive Zellen von *Enterococcus faecium* reagieren durch Abnahme des Lebendkeimgehaltes deutlich sensibler auf Kupfer als Zellen in der logarithmischen Wachstumsphase. Ein Hitze-Stress (50°C für 10 Minuten) steigert in beiden Zustandsformen der Keime deren Empfindlichkeit. Der kritische Bereich ist zwischen $0,5$ bis 1 mol^3 Kupfer/l Suspension anzusetzen (Darstellung 4 – nach LEITENBACHER, 1992).

Darstellung 4: Toxizität von Kupfer gegenüber *Enterococcus faecium*
Zellen ruhend und in log-Phase; mit und ohne Hitze-Stress (10 Minuten bei 50°C)



Zwar wird zur Herstellung der Ausgangssuspension ein Phosphatpuffer mit pH um 7,5 eingesetzt, wodurch Kupfer als Hydroxid oder Phosphat aber nur teilweise ausfällt. Mit Hilfe von spezifischen Kationen-austauschern bzw. einen selektiven Komplexbildner kann diese Störquelle zuverlässig ausgeschaltet werden.

Im Gegensatz zu löslichen Zusatzstoffen wie Spurenelementen oder Vitaminen ist eine bleibende homogene Verteilung der Keime in der Ausgangssuspension und den Verdünnungen nicht gegeben. Daher ist vor jedem Pipettieren die Suspension homogen zu halten (Darstellung 2–5).

Beispiel: Proben mit probiotischen *Bacillus*-Sporen werden mit Natronlauge im Labormixer homogenisiert.

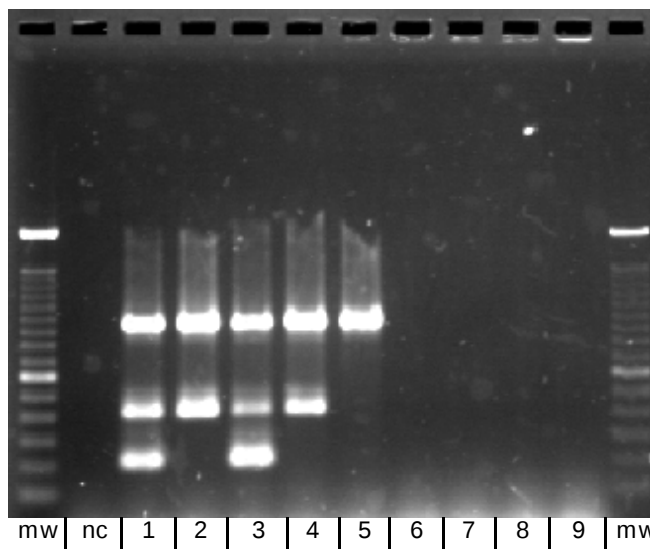
Dabei entstehen (insbesondere bei Mineralfuttern) Ausfällungen von Hydroxiden und Phosphaten mehrwertiger Kationen, in denen ein Teil der Sporen eingeschlossen bzw. durch Adsorption gebunden ist.

Die Entnahme dieser Ausgangssuspension für die Verdünnungsreihe hat daher nach Vorschrift bei laufendem Mixer zu erfolgen. Wird das Mixgerät für 2 Minuten abgeschaltet und vom klaren Überstand bzw. vom Sediment getrennt entnommen, so ergeben sich zwangsläufig falsche Ergebnisse von nur 38 % im Überstand bzw. 275 % im Niederschlag, bezogen auf die Keimzahl der homogenen Suspension.

Der Einsatz selektiver Nachweismedien gewährleistet in der Regel die Identität des nachzuweisenden Keims hinsichtlich seiner Gattungs-/Artzugehörigkeit (Darstellung 2–6).

Ein Problem aber ist die Unterscheidung zwischen Stämmen einer Spezies. Lediglich für die 2 Stämme von *Bacillus cereus* besteht eine praxisgerechte PCR- und RAPD-Methode zur Identifizierung auf Stammebene –Darstellung 5 (PECORARO und BUCHER, 2002).

Darstellung 5: Multiplex PCR mit DNA und vegetativen Zellen



mw : molecular weight standard = 100 bp ladder
 nc : negative control
 lengths of amplicons: 963 bp, 418 bp, 213 bp
 reactions in lane 1 and 2 were performed with highly purified genomic DNA
 reactions in lane 3 to 9 were performed with untreated vegetative cells from overnight agar plate colonies
 1: *B. cereus* CIP 5832 from Paciflor® (DNA)
 2: *B. cereus* NCIB 40112 from Toyocerin® (DNA)
 3: *B. cereus* CIP 5832 from Paciflor® (cells)
 4: *B. cereus* NCIB 40112 (isolate) from Toyocerin® (cells)
 5: *B. thuringiensis* LMG 7138* (cells)
 6: *B. cereus* LMG 6923* (cells)
 7: *B. mycoides* DSM 2048* (cells)
 8: *B. pseudomycoides* 12443* (cells)
 9: *B. weihenstephanensis* DSM 11821* (cells)
 * : type strain

Analysenspielräume

Unter diesen vorgestellten Gesichtspunkten wurden im Arbeitskreis „Futtermittelmikrobiologie“ der FG VI verschiedene Hausmethoden zu Verbandsmethoden ausgearbeitet und in Ringuntersuchungen geprüft.

Für die Mischfutterwirtschaft und die Überwachungsbehörden sind natürlich die Analysenlatitüden von sehr großem Interesse.

In insgesamt 24 Ringuntersuchungen wurden Variationskoeffizienten zwischen ± 10 % und ± 77 % (im Mittel ± 42 %) errechnet. Da aber Keime in Futtermitteln nicht im dekadischen, sondern im logarithmischen System normalverteilt sind, muss bei

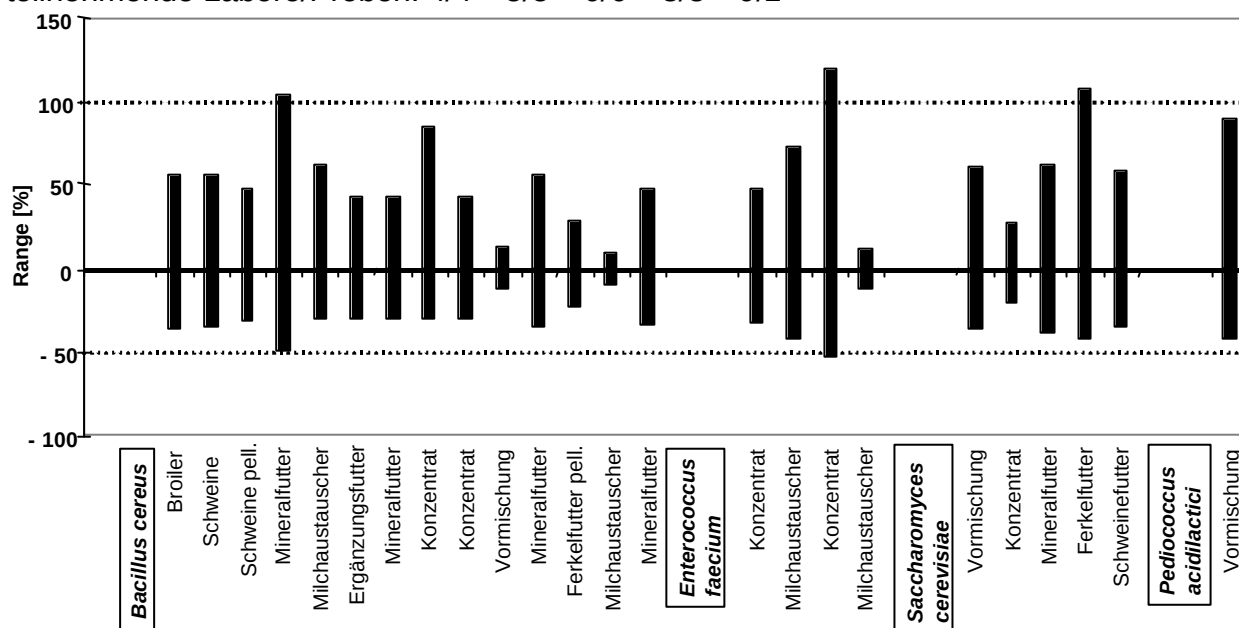
mikrobiologischen Enquêtes eine andere Auswertung herangezogen werden: Nach Transformation der Keimzahlen in Logarithmen wird von diesen die Standardabweichung sowie der Mittelwert berechnet. Nach Addition bzw. Subtraktion der Standardabweichung vom Mittelwert und Umformung in dekadischen Zahlen ergibt sich ein sogenannter „Range“. Dieser kann in Prozenten vom Mittelwert ausgedrückt werden (Range %) und kennzeichnet die Abweichungen nach oben und unten.

Die Ergebnisse aller Ringuntersuchungen (Darstellung 6) belegen, dass Streuungen von – 50 % nach unten bzw. + 100 % nach oben in den meisten Fällen nicht überschritten werden.

In der Fachgruppe wurde daher der Vorschlag des Arbeitskreises angenommen, diesen Bereich als Analysenspielraum anzuwenden. Dieser Spielraum wird auch vom Vollzug zur Überprüfung der Richtigkeit der Deklaration herangezogen: Sofern der ermittelte Gehalt mehr als das 2-fache oder weniger als das 0,5-fache der Deklaration beträgt, liegt ein Beanstandungsfall vor.

Darstellung 6: Range (%) von Probiotika-Enqueten (N = 24 Proben)

teilnehmende Labore/Proben: 4/4 – 5/5 – 6/6 – 8/8 – 9/1

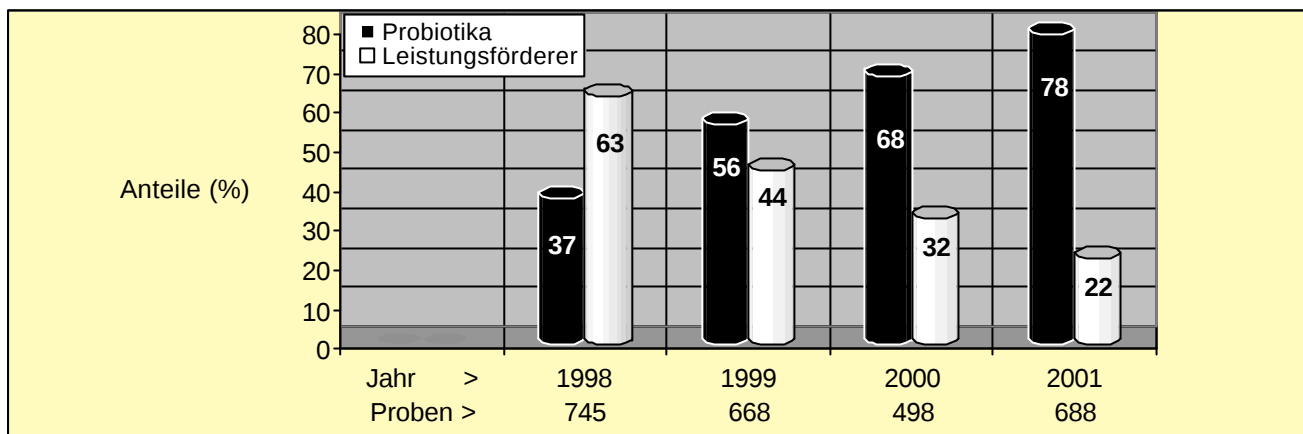


Anwendung von Probiotika

Die Häufigkeit der Zunahme des Einsatzes probiotischer Zusatzstoffe korrespondiert in den Jahren 1998 bis 2001 mit Abnahme antibiotischer Leistungsförderer.

Zumindest kann man das für ein Bundesland feststellen, in dem jährlich zwischen 500 bis 700 amtliche Proben geprüft wurden (Darstellung 7).

Darstellung 7: Entwicklung des Einsatzes von Probiotika und antibiotischer Leistungsförderer eines Bundeslandes in den Jahren 1998 bis 2001



Ergebnisse der DLG/VFT

Die Sichtung der im Rahmen der Futtermittelkontrollen des DLG-Gütezeichens und des Vereins Futtermitteltests (VFT) bundesweit gezogenen und untersuchten Ferkelaufzuchtfutter bestätigt diese Entwicklung. Im Jahre 1998 lag der Anteil der Probiotika bei ca. 8 %. Dieser Anteil stieg kontinuierlich auf aktuell ca. 70 % der Futterproben aus 2002.

Die deklarierten Gehalte bei den aeroben Sporenbildnern (vornehmlich *Bacillus licheniformis* und *Bacillus subtilis*) lagen zwischen $0,48 \cdot 10^9$ bis $5,0 \cdot 10^9$ KBE/kg, bei den Milchsäurebakterien (hier überwiegend *Pediococcus acidilactici*) bei $1,0 \cdot 10^9$ KBE/kg. Zusatzstoffe aus der Gruppe der Hefen traten nur vereinzelt auf, mit Deklarationen bei $5,0 \cdot 10^9$ KBE/kg.

Die routinemäßige Überprüfung dieser Zusatzstoffe war zunächst fester Bestandteil des Prüfpaketes für Ferkelfutter. Im 3. und 4. Quartal 2001 wurden die probiotischen Zusatzstoffe im Rahmen einer Sonderuntersuchung geprüft, mit separater Bewertung und Veröffentlichung der Ergebnisse.

Dabei konnte in über 80 % der Futterproben der deklarierte Gehalt bestätigt werden. Abweichungen traten überwiegend im Bereich der vegetativen Milchsäurebakterien (*Pediococcus* – Befunde: $<1 \cdot 10^6$ KBE/kg) auf. Bei den aeroben Sporenbildnern bestanden nur wenige Abweichungen mit Wiederfindungen zwischen 4 % bis 40 % der Sollwerte.

Zur Absicherung dieser nicht zufriedenstellenden Erstbefunde erfolgte bei mehreren Proben eine zweite Untersuchung an einem anderen Prüfinstitut. In allen Fällen konnte im Rahmen des zulässigen Analysenspielraumes eine Mittelwertbildung aus Befund 1 und 2 vorgenommen und damit die Ergebnisse der Erstuntersuchungen bestätigt werden.

Zwischen den Prüfinstituten besteht somit eine hohe analytische Ergebnissicherheit. Die Anwendbarkeit des von der Fachgruppe Futtermittel vorgeschlagenen Analysenspielraums bestätigte sich in der Praxis.

Schrifttum

Bucher, E., 1994: Bestimmung von *Enterococcus faecium* in Konzentraten, Vormischungen und Mischfuttermitteln. Unveröffentlichte Hausmethode der Bayerischen Landesanstalt für Ernährung, München.

Friedrich, W., 1978: Bedeutung und Anwendung von Toleranzen bei der Futtermittelherstellung, Probenahme und Analytik. Dokumentation über das mfi-Seminar 9.11.1978 in Bonn.

MFI-Schriftenreihe. Hrsg.: Fachverband der Futtermittelindustrie e.V.

Leitenbacher, A., 1992: In Vitro-Versuche über die Auswirkung von Schwermetallionen und Konservierungsstoffen auf das Wachstum von *Enterococcus (Streptococcus) faecium*, ein häufig in Futtermitteln eingesetztes Probiotikum. Diplomarbeit, vorgelegt am 31.07.1992 an der TU München.

Lilley D.M. and Stillwell R.H, 1965: Probiotics, growth promoting factors produced by microorganisms.

Science 147:747-748.

Pecoraro, S. and Bucher E., 2002: Rapid identification of closely related probiotic *Bacillus cereus* strains and differentiation from wild type bacilli. Arch. Lebensm. Hyg. 53, 52-61.

VFT Mitteilungen der Jahre 1998 bis 2002

Vergleich unterschiedlicher Stärkebestimmungsmethoden in Futtermitteln

Südekum, Karl-Heinz (Kiel); Hall, Mary Beth; Paschke-Beese, Monika

Die amtliche Methode zur Bestimmung von Stärke in Futtermitteln ist ein polarimetrisches Verfahren, bei dem das optische Drehvermögen dispergierter Stärke genutzt wird. Mit diesem Verfahren werden für reine Stärken und stärkereiche Einzelfuttermittel zuverlässige und richtige Ergebnisse erzielt. Bei stärkearmen, zellwand- und proteinreichen Futtermitteln sowie in vorverdauten Materialien (Darminhalt, Kot), die unter anderem bei Studien zur Ermittlung des Ausmaßes und Ortes der Stärkeverdauung im Tier gewonnen werden, ist die Zuverlässigkeit jedoch deutlich reduziert.

In dieser Studie wurden Futtermittel untersucht, deren tabellierte Stärkegehalte (DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer) von unter 10 % (Sojaextraktionsschrot, 6,9 %; Schlempefeststoffe [Mais], 8,5 %; Zitrustrester, 0 %) bis über 95 % (Kartoffelstärke, Maisstärke) der Trockenmasse (TM) betrugen. Außerdem wurden ein stärkereiches Maisschrotprodukt (Hominy feed) und eine totale Mischration (TMR) mittleren Stärkegehaltes, die Zitrustrester enthielt, geprüft. An allen Futtermitteln wurden bereits zuvor in einer Studie in den USA ebenfalls mittels unterschiedlicher, von den in der vorliegenden Arbeit jedoch abweichenden Verfahren die Stärkegehalte bestimmt, so dass ein umfangreicher Methodenvergleich möglich war. Ziel unseres Vorhabens war, die amtliche, polarimetrische Methode mit enzymatischen Bestimmungsmethoden zu vergleichen. Die enzymatischen Verfahren enthielten einen Aufschluss mit einer hitzestabilen α -Amylase und die vollständige Glucosefreisetzung mit Amyloglucosidase. Sie unterschieden sich in den Reaktionswegen, die für den Glucosenachweis genutzt wurden. Es wurde entweder die Hexokinase abhängige Phosphorylierung mit nachfolgender NADPH-Messung genutzt oder die Oxidation von Glucose zu Gluconsäure mit Umsetzung und Messung des dabei gebildeten Wasserstoffperoxids.

Die Befunde lassen sich wie folgt zusammenfassen. Die Stärken und stärkereichen Futtermittel (Hominy feed) ergaben mit allen Methoden numerisch übereinstimmende Ergebnisse, die den oben angeführten tabellierten Ergebnissen weitestgehend entsprachen. Der Stärkegehalt der stärkearmen Produkte ergab bei polarimetrischer Messung deutlich höhere Werte als bei enzymatischer Bestimmung mit NADPH-Messung. Für Sojaextraktionsschrot zum Beispiel lag der mit letzterer Methode ermittelte Wert bei < 3,5 % in der TM, während polarimetrisch 7,5 % in der TM ermittelt wurden. Die enzymatische Methode mit Gluconsäurebildung als erstem Reaktionsschritt für die aus Stärke freigesetzte Glucose konnte bei niedrigen Gehalten an Stärke verfahrensbedingt keine befriedigenden Ergebnisse liefern, weil die erforderlichen Glucose-Konzentrationen in der Messlösung zu niedrig lagen. Hier wären für eine zuverlässige Anwendung Verfahrensmodifikationen erforderlich.

Die Ergebnisse am vorliegenden, begrenzten Datenmaterial lassen die Schlussfolgerung zu, dass das polarimetrische Verfahren für stärkearme Futtermittel nicht die gleiche Eignung wie für Stärken und stärkereiche Futtermittel aufweist. Enzymatische Verfahren können hier plausiblere Befunde liefern, jedoch gibt es methodenbedingte Unterschiede, die eine weitere Bearbeitung erfordern

Gehalt an Kohlenhydraten in Milchleistungsfutter

Grünewald, Karl-Hermann (Bonn); Schwadorf, Klaus

Bei der Milchviehfütterung, insbesondere zur Ausfütterung von hohen Leistungen, sind zusätzliche Parameter zu beachten, wie nutzbares Rohprotein (nXP), Ruminale Stickstoffbilanz (RNB), Strukturwert (SW) sowie die Kohlenhydratversorgung mit Stärke (XS), Zucker (XZ) und beständige Stärke (bXS).

Während die nXP-Gehalte nicht standardmäßig analysiert werden können (aber für div. Futtermittel tabelliert sind), gibt es für die Kohlenhydratversorgung etablierte Analyseverfahren.

Seit Herbst 2001 werden in der Beratung die o.g. Neuerungen im Bereich der Kohlenhydrate berücksichtigt. Für Grobfutter und Einzelkomponenten liegen Tabellenwerte vor, die z.T. nur Anhaltswerte darstellen. Das zur energetischen Ergänzung eingesetzte Milchleistungsfutter (MLF) kann und sollte hier auf unterschiedliche Grobfuttersituationen abgestellt sein.

Bisher ist eine Deklaration von XS und XZ nicht üblich. Um einen Überblick über die Kohlenhydratgehalte, insbesondere Stärke und Zucker im Mischfutter und damit Informationen zum optimalen Einsatz zu erhalten, wurden vorhandene Futterproben zusätzlich auf Stärke und Zucker untersucht.

In die Auswertung gehen 185 MLF aus der Mischfutterprüfung des VFT und 22 MLF aus der Energetischen Futterprüfung (Hammeltest) der LK Rheinland aus dem Herbst der Jahre 2000 und 2001 ein.

Da die polarimetrische Stärkebestimmung bei Anwesenheit einiger Komponenten (z.B. Rübenprodukte) zu falschen Werten führen kann, wurde für einen Teil der Futter ein Methodenvergleich bzgl. der Stärkebestimmung (polarimetrisch, enzymatisch) durchgeführt.

Die geprüften Milchleistungsfutter zeigen z.T. deutliche Unterschiede der XS- und XZ-Gehalte auf, die natürlich in erster Linie auf die Zusammensetzung (Komponenten) des Mischfutters zurückzuführen sind, damit sind diese aber auch von Energiegehalt, Proteingehalt oder speziellem Einsatzzweck (übliches MLF, Ausgleichsfutter, MLF für den Verschnitt mit Getreide) abhängig (s. Tab. 1).

Der Stärkegehalt steigt (wie zu erwarten war) im Mittel mit steigendem Energiegehalt und bei Hafenferne (mehr Getreide / und Getreideprodukte in Ost- und Süddeutschland), jedoch variieren die Gehalte deutlich.

Tabelle 1: Mittlere Gehalte an Energie und Kohlenhydraten im Milchleistungsfutter (gegliedert nach verschiedenen Kriterien)

Gliederung	n	NEL, MJ / kg		Stärke, %		Zucker, %		Rohfaser, %	
		Mittel	Spanne	Mittel	Spanne	Mittel	Spanne	Mittel	Spanne
alle Milchleistungsfutter (4. Quartal 2000 + 2001)	207	6,7	5,8-7,6	17,8	2,6-46,2	8,0	2,5-21,3	9,5	4-16,9
Energiestufe 1	3	6,2	5,9-6,7	6,4	5,4-7,2	7,7	7,0-9,0		
(lt. Dekl.) 2	17	6,2	5,8-6,5	8,7	3,7-14,7	7,8	5,0-11,4		
3	133	6,7	6,3-7,2	16,3	2,6-36,5	8,4	3,6-21,3		
> 3	54	7,0	6,7-7,6	24,7	4,4-46,2	7,0	2,5-12,3		
Region Nord-D	33	6,6	6,4-7,0	15,2	6,1-22,5	8,7	5,7-18,6		
(nur MLF mit Ost-D	20	6,8	6,4-7,2	21,6	4,4-36,5	7,2	3,6-10,5		
Energiest. 3) Süd-D	49	6,7	6,3-7,1	14,7	2,6-34,9	9,0	3,8-21,3		
West-D	31	6,8	6,5-7,2	16,8	6,7-26,5	8,0	4,1-11,7		
Einsatzzweck übliche MLF									
(lt. Deklaration) Energiest.3	118	6,7	6,4-7,2	17,3	6,1-36,5	8,4	3,6-18,6		
Ausgl.futter	20	6,6	5,8-7,4	8,5	2,6-28,7	7,9	3,8-12,3		

Fazit:

Es können nicht deutschlandweit gleiche Werte für die Rationsplanung angesetzt werden.

Es ist zu differenzieren nach Region und Futtertyp.

Um die angebotenen Futter möglichst nutzbringend einsetzen zu können, ist eine

- Standardisierung der Futter oder
- eine konsequente Deklaration zu fordern.

Auswirkungen unterschiedlicher chemischer Behandlungsverfahren auf den Rohfettabbau im Pansen - ein Methodenvergleich

Klein, Maike (Kiel)¹; Südekum, Karl-Heinz

Einleitung

Zusammenfassung: Ziel der Untersuchung war, mittels zweier unterschiedlicher Verfahren (*in vivo*, *in situ*) das Ausmaß des Fettabbaus im Pansen von unbehandelten (REX) und behandelten Rapsexpellern (RaPass®) und Sojabohnen (SB, Bioprofin®V) zu prüfen. Die Rapsexpeller wurden mit Xylose, die Sojabohnen mit Formaldehyd behandelt, der ursprüngliche Zweck dieser Behandlungen war der Schutz des Rohproteins vor dem ruminalen Abbau. Im *in vivo*-Versuch wurde den Tieren einmal am Tag (7.00 Uhr) eine Ration vorgelegt, deren TM in den Rapsrationen aus 40 % Heu, 25 % Gerste und 35 % REX bzw. RaPass®; bei den Sojarationen aus 40 % Heu, 30 % Gerste und 30 % SB bzw. Bioprofin®V bestand. Der Rohfettgehalt in den Sojarationen betrug 7,5 %, in den Rapsrationen 5 % der TM; Zielsetzung war, eine praxisübliche Ration zu erreichen.

Den Ochsen wurde 24 Stunden nach der Fütterung der Pansen vollständig manuell entleert, der Panseninhalt wurde dann auf Zellwandbestandteile (NDF, ADF) und Rohfett untersucht, zusätzlich wurde der ruminale pH-Wert gemessen und Pansenflüssigkeit für die Analyse auf kurzkettige Fettsäuren und Ammoniak-Stickstoff (NH₃-N) per Sonde entnommen. *In situ* wurde anhand der Verluste aus den Polyesterbeuteln nach 0, 2, 4, 8, 16, 24 und 48 Stunden Inkubationsdauer der ruminale Abbau an TM, Rohprotein und Rohfett ermittelt.

Die beiden zum Schutz des Rohproteins angewandten chemischen Verfahren (Formaldehyd, Xylose) wirkten sich nicht schützend auf den Fettabbau im Pansen aus. Da sich der Fettgehalt in den Versuchsrationen an praxisüblichen Rationen orientierte, könnte die Menge an freigesetzten Fettsäuren aus den Rationen mit den unbehandelten Rapsexpellern und Sojabohnen zu gering gewesen sein, als dass sich ein negativer Effekt auf die mikrobielle Population hätte zeigen können. Im *in vivo*-Versuch konnte man an den Poolgrößen ADF, NDF und Rohfett 24 Stunden nach der Fütterung zumindest bei den Sojarationen einen leichten Trend zu höheren Zellwandbestandteilen beobachten.

Der Gehalt an NH₃-N in der Pansenflüssigkeit war zu allen Messzeitpunkten bei den chemisch behandelten Futtermitteln geringer ($p < 0,01$) als bei den anderen Varianten, man kann also von einem ausgeprägten Rohproteinschutz ausgehen. Diese Beobachtung findet sich auch *in situ* wieder, insbesondere bei den kurzen Inkubationszeiten (2, 4, 8 Stunden) war bei den Rapsrationen der ruminale Rohproteinverlust bezogen auf die Rohproteineinwaage durch die Behandlung mit Xylose um mehr als die Hälfte reduziert (im Mittel: REX 51,3 %; RaPass® 23,5 %), die Behandlung der Sojabohnen mit Formaldehyd zeigte noch ausgeprägtere Unterschiede zwischen den beiden Varianten (im Mittel: SB 61,4 %; Bioprofin®V 23,3 %). *In situ* wie *in vivo* konnte kein schützender Effekt der chemischen Behandlung auf das Rohfett vor dem ruminalen Abbau beobachtet werden. Während bei den Rapsexpellern kein Unterschied zwischen den Varianten zu erkennen war, wurde

das Rohfett im Bioprofin®V tendenziell stärker abgebaut als in den unbehandelten Sojabohnen.

¹ eMail: klein@aninut.uni-kiel.de

Einleitung

Die gezielte Behandlung von Sojabohnen und Rapsexpellern zur Reduzierung des Umfanges des Rohproteinabbaus in den Vormägen wurde in den letzten Jahren intensiv untersucht. Beide Futtermittel enthalten neben dem Protein auch größere Mengen an Rohfett, der hohe Energiegehalt macht die Ölsaaten zu einem attraktiven Bestandteil in Milchkuhrationen. Der positive Effekt der Fettzulage auf die Energieversorgung der Kuh ist jedoch nur dann wirksam, wenn negative Auswirkungen auf die Fermentation im Pansen ausgeschlossen werden können. In diesem Zusammenhang ist es von Interesse, inwieweit die zur Erhöhung des Anteils an unabbaubarem Rohprotein (UDP) angewandten chemischen Verfahren (Formaldehyd-behandlung von Sojabohnen, Xylosebehandlung von Rapsexpellern) auch den Rohfettabbau im Pansen beeinflussen.

Ziel der Untersuchung war, mittels zweier unterschiedlicher Verfahren (*in vivo*, *in situ*) das Ausmaß des Fettabbaus im Pansen von unbehandelten (REX) und behandelten Rapsexpellern (RaPass®) und Sojabohnen (SB, Bioprofin® V) zu prüfen.

Material und Methoden

In vivo

Im *in vivo*-Versuch (4 x 4 lateinisches Quadrat mit 10-tägigen Perioden) wurde an vier mit großlumigen Pansenfisteln versehenen Ochsen eine gemischte Rauhfutter-Konzentratfutter-Ration (40:60 auf Trockenmasse-Basis) verfüttert (Tabelle 1). Die Ration war so zusammen gesetzt, dass ein Rohfettgehalt von 5 % in den Rapsrationen und von 7,5 % in den Sojarationen eingehalten wurde. Die Fütterung erfolgte einmal täglich um 7.00 Uhr, das Fütterungsniveau entsprach dem 1,5-fachen des geschätzten energetischen Erhaltungsbedarfs. Den Ochsen wurde 24 Stunden nach der Fütterung, der nach Ameny et al. (1995) geschätzten Verweildauer von Zellwandbestandteilen im Pansen, der Pansen vollständig manuell entleert (Kovács et al., 1997), der Panseninhalt wurde dann auf Zellwandbestandteile (NDF, ADF) und Rohfett untersucht. Zusätzlich wurde der ruminale pH-Wert vor und 2, 3 und 5 Stunden nach der Fütterung gemessen und Pansenflüssigkeit für die Analyse auf kurzkettige Fettsäuren und Ammoniak-Stickstoff per Sonde über die Fistel entnommen.

Tabelle 1: Bestandteile der Versuchsrationen und Nährstoffzusammensetzung

Rationstyp	REX	REXT	SB	SBT
Rationsbestandteile (kg Trockenmasse/Tag)				
Heu	3,58	3,58	3,58	3,58
Konzentratfutter				
Gerste	2,18	2,18	2,62	2,62
REX	3,07	-	-	-
RaPass®	-	3,06	-	-
SB	-	-	2,66	-
Bioprofin® V	-	-	-	2,64
Mineralfutter	0,09	0,09	0,09	0,09
Nährstoffzusammensetzung der Rationen (% Trockenmasse)				
OM	94,0	94,0	93,9	94,0
Asche	6,0	6,0	6,1	6,0
NDF	43,4	46,1	39,4	39,5
ADF	23,8	22,7	19,8	19,5
Rohprotein	18,4	18,2	17,3	17,5
Rohfett	5,5	5,2	7,5	7,4

REX= unbehandelte Rapsexpeller; REXT= behandelte Rapsexpeller; SB= unbehandelte Sojabohnen; SBT= behandelte Sojabohnen; TM= Trockenmasse; OM= organische Masse; NDF= Neutral-Detergenzienfaser; ADF= Säure-Detergenzienfaser

In situ

Die *in situ* Prüfung erfolgte nach dem Standardprotokoll, wie es im Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie, Kiel, zur Ermittlung des ruminalen Rohproteinabbaus verwendet wird (Shannak et al., 2000). Die Versuchsanordnung entsprach auch im *in situ*-Versuch einem 4 x 4 lateinischen Quadrat, d. h., bei jedem Tier wurde das Konzentratfutter inkubiert, welches zeitgleich auch in der Ration des obigen *in vivo*-Versuchs enthalten war.

Von den zu untersuchenden Futtermitteln wurden je 1,3 g Frischmasse in Polyesterbeutel eingewogen, pro Tier und Inkubationszeit wurde mit 5 Wiederholungen gearbeitet. Direkt vor der Fütterung wurden die Beutel in den ventralen Pansensack gelegt. Anhand der Verluste aus den Polyesterbeuteln nach 0, 2, 4, 8, 16, 24 und 48 Stunden Inkubationsdauer wurde der ruminale Abbau an Trockenmasse, Rohprotein und Rohfett ermittelt.

Die Ergebnisse sowohl des *in vivo* - als auch des *in situ*-Versuches wurden varianzanalytisch mit einem 2 x 2 faktoriellen Modell verrechnet.

Ergebnisse

In vivo

Die chemische Behandlung der Futtermittel hatte keinen Einfluss ($p > 0,10$) auf die Menge an Zellwandbestandteilen (NDF, ADF) und Rohfett im Panseninhalt 24 Stunden nach der Fütterung (Tabelle 2).

Tabelle 2: Inhaltstoffe im gesamten Panseninhalt (kg) 24 Stunden nach der letzten Fütterung

Rationstyp	TM	Asche	OM	NDF	ADF	Rohfett
REX	5,54	0,72	4,82	2,80	1,68	0,36
REXT	5,46	0,66	4,81	2,84	1,63	0,29
SB	6,70	0,75	5,95	4,01	2,19	0,30
SBT	7,69	0,80	6,89	4,43	2,42	0,25

REX= unbehandelte Rapsexpeller; REXT = behandelte Rapsexpeller; SB= unbehandelte Sojabohnen; SBT = behandelte Sojabohnen; TM= Trockenmasse; OM= organische Masse; NDF= Neutral-Detergenzienfaser; ADF= Säure-Detergenzienfaser

Im Panseninhalt, 24 Stunden nach der Fütterung, zeigten die Versuchsvarianten mit den Sojaprodukten absolut höhere Mengen ($p < 0,001$) an Zellwand (NDF: 4,2 zu 2,8 kg) und Lignozellulose (ADF: 2,3 zu

1,6 kg) gegenüber den Rapsrationen. Dies könnte ein Anzeichen dafür sein, dass die im Pansen aus den Sojaprodukten freigesetzten Fettsäuren einen hemmenden Einfluss auf die ruminale Faserverdauung hatten, zumal die ursprünglichen Sojarationen um bis zu 6 % geringere NDF- und bis zu 3 % geringere ADF-Gehalte verglichen mit den Rapsrationen aufwiesen, der Rohfettgehalt lag dagegen in den Sojarationen um 2 % höher (Tabelle 1).

Die scheinbaren Verluste an Rohfett nach 24 Stunden bezogen auf die Rohfettaufnahme mit der Ration waren am höchsten für die unbehandelten Sojabohnen (72,7 %), gefolgt von den behandelten Sojabohnen (62,0 %), behandelten Rapsexpellern (36,7 %) und den unbehandelten Rapsexpellern (24,0 %).

Obwohl die tägliche Aufnahme an Trockenmasse und organischer Masse bei allen vier Rationen gleich war, konnte aus den 24 Stunden nach der Fütterung ermittelten

Poolgrößen eine höhere ruminale Verdaulichkeit bei den Rationen mit Rapsexpellen abgeleitet werden.

Die Rationen mit den behandelten Futtermitteln (REXT, SBT) wiesen leicht höhere pH-Werte in der Pansenflüssigkeit auf als die unbehandelten Futtermittel, dieser Unterschied ließ sich jedoch statistisch nicht absichern ($p > 0,10$). In Abbildung 1 sind die pH-Wert Verläufe in Abhängigkeit von der Zeit nach Beginn der Fütterung dargestellt.

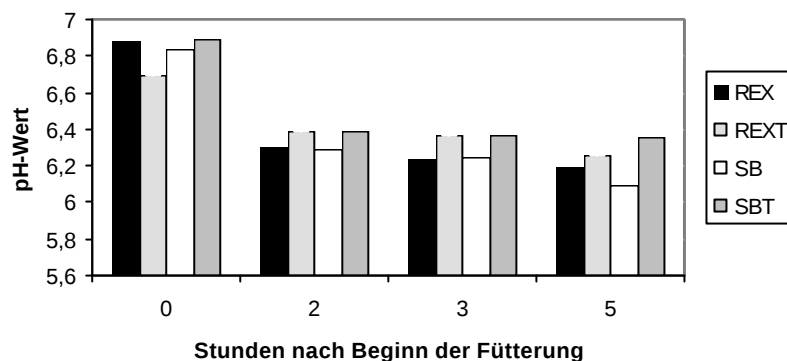


Abbildung 1: pH-Wert-Verlauf in Abhängigkeit von der Zeit nach Beginn der Fütterung

Rationen: REX= unbehandelte Rapsexpeller; REXT= behandelte Rapsexpeller;
SB= unbehandelte Sojabohnen; SBT= behandelte Sojabohnen

Ähnlich wie die pH-Werte zeigten auch die Gehalte an kurzkettigen Fettsäuren (Acetat, Propionat, Butyrat) nur geringe Unterschiede, die allerdings nicht gerichtet waren. Das Acetat:Propionat-Verhältnis war numerisch, nicht jedoch statistisch ($p > 0,10$), bei allen 4 Messzeitpunkten für die behandelten Sojabohnen und Rapsexpeller weiter als für die unbehandelten Varianten (Abbildung 2). Nach Chalupa et al. (1984) bewirkt die Freisetzung von ungesättigten Fettsäuren eine Hemmung der cellulolytischen Bakterien im Pansen und eine reduzierte Methanogenese, dieses resultiert in einer Veränderung des Acetat:Propionat-Verhältnisses zu Gunsten des Propionats.

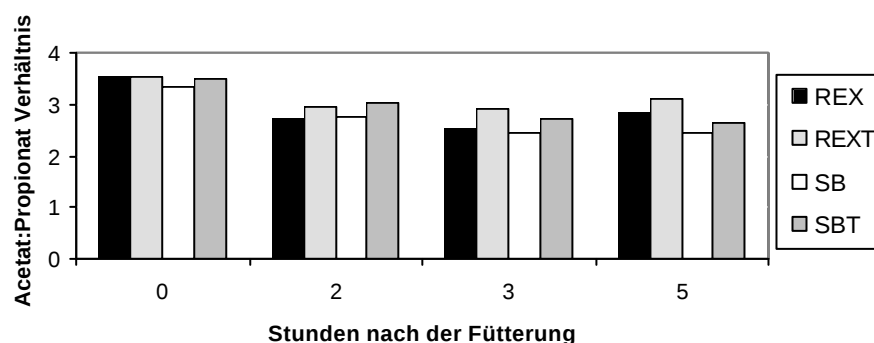


Abbildung 2: Acetat:Propionat-Verhältnis in Abhängigkeit von der Zeit nach Beginn der Fütterung

Rationen: REX= unbehandelte Rapsexpeller; REXT= behandelte Rapsexpeller;
SB= unbehandelte Sojabohnen; SBT= behandelte Sojabohnen

Der Gehalt an Ammoniak-Stickstoff in der Pansenflüssigkeit (Tabelle 3) war zu allen Zeitpunkten bei den chemisch behandelten Futtermitteln signifikant ($p < 0,01$) geringer als bei den anderen Varianten, man kann also von einem ausgeprägten Proteinschutz ausgehen, der ja auch ursprünglicher Zweck der Behandlung der Rapsexpeller und Sojabohnen war.

Tabelle 3: Ammoniak-Stickstoff-Gehalte (mmol/L) in der Pansenflüssigkeit vor Beginn der Fütterung (0 Stunden) und 2, 3 und 5 Stunden nach Fütterungsbeginn

Rationstyp	0 Stunden	2 Stunden	3 Stunden	5 Stunden
REX	6,2	10,7	12,0	10,9
REXT	7,2	8,7	7,2	6,1
SB	7,2	8,2	6,9	4,0
SBT	4,0	3,4	3,1	2,1

REX= unbehandelte Rapsexpeller; REXT= behandelte Rapsexpeller; SB= unbehandelte Sojabohnen; SBT= behandelte Sojabohnen

In situ

Die Trockenmasse-Verluste stiegen bei allen Futtermitteln bis zur 48-Stunden-Inkubation kontinuierlich an (Tabelle 4). Dabei zeigte sich, dass die ruminalen Verluste sowohl bei RaPass[®] als auch bei Bioprofin[®] V zu allen Messzeitpunkten deutlich unter denen der unbehandelten Futtermittel lagen. Dies kann als weiteres Anzeichen für einen etablierten Proteinschutz und den dadurch bewirkten verzögerten Abbau der Nährstoffe gesehen werden.

Tabelle 4: Mittelwerte der ruminalen Verluste der Trockenmasse (in % der Einwaage) der Futtermittel REX, RaPass[®], SB und Bioprofin[®] V, ermittelt *in situ*

	REX	RaPass [®]	SB	Bioprofin [®] V
Behandlung				
WL	21,1	27,0	21,2	16,7
KLP	12,2	0,4	13,7	10,5
0h	33,3	27,4	34,9	27,2
2h	38,6	31,1	39,9	30,3
4h	44,4	35,1	44,8	33,7
8h	58,6	44,2	55,9	44,4
16h	68,8	56,6	78,6	61,1
24h	74,0	63,1	86,9	72,6
48h	79,1	77,1	92,5	78,3

WL= wasserlösliche Fraktion, KLP= kleine wasserunlösliche Partikel

Abbildung 3 zeigt die prozentualen Rohproteinverluste bezogen auf die Rohprotein-Einwaage nach der Inkubation im Pansen. Die Rohproteinverluste steigen im Zeitverlauf kontinuierlich an, dabei zeigt sich, dass die beiden geschützten Futtermittel einen geringeren Abbau aufweisen als die unbehandelten Konzentratfutter.

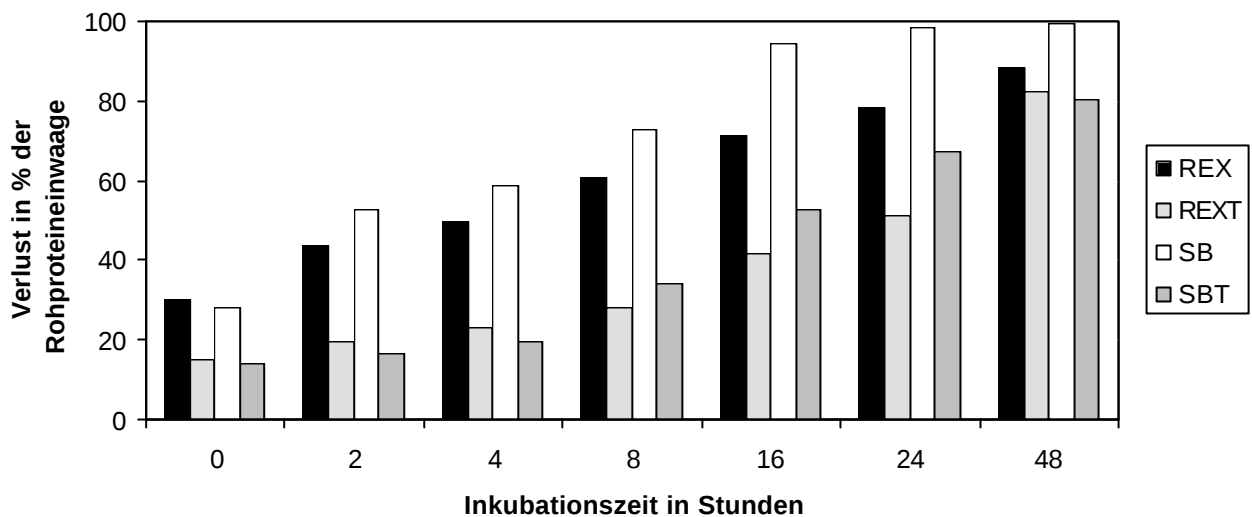


Abbildung 3: Prozentualer Rohproteinverlust nach Inkubation im Pansen
 REX= Rapsexpeller; REXT= RaPass®; SB= Sojabohnen;
 SBT= Bioprofin® V

Vergleicht man insbesondere die Werte der kurzen Inkubationsdauern (2 und 4 Stunden) mit denen des Ammoniak-Stickstoffgehaltes in der Pansenflüssigkeit (Tabelle 3), so wird deutlich, dass die chemische Behandlung der Rapsexpeller mit Xylose und die der Sojabohnen mit Formaldehyd einen wirksamen Schutz des Rohproteins vor dem ruminalen Abbau gewährleistete.

Stellt man dagegen den ruminalen Rohfettverlust graphisch dar (Abbildung 4), so ist zu erkennen, dass der durch chemische Behandlung erzeugte Rohproteinschutz keinen schützenden Effekt auf das Rohfett bewirkte.

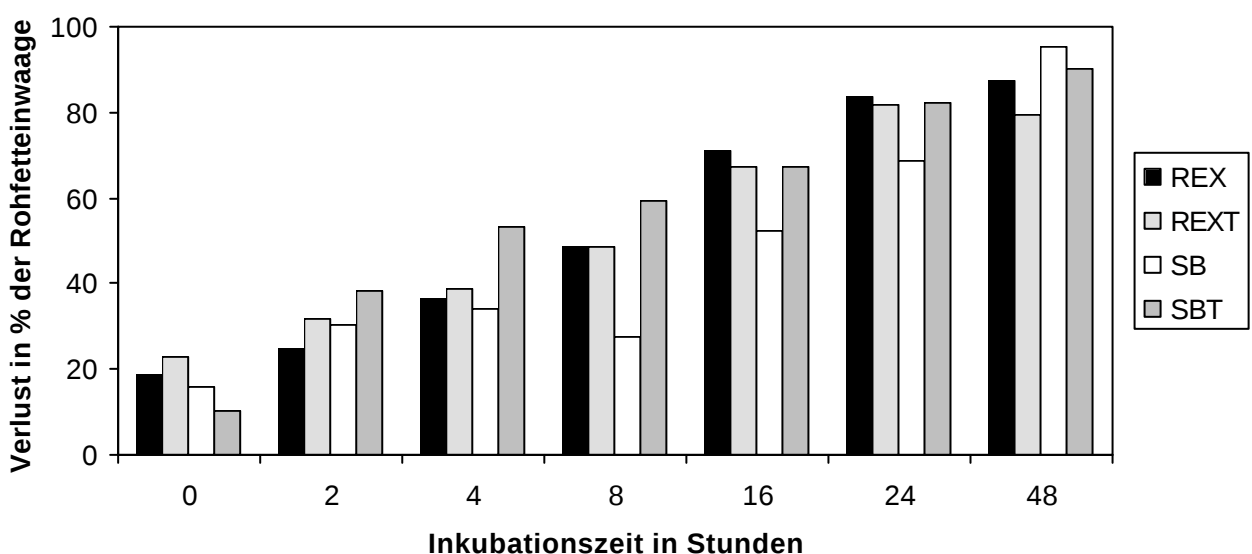


Abbildung 4: Prozentualer Rohfettverlust nach Inkubation im Pansen
 REX= Rapsexpeller; REXT= RaPass®; SB= Sojabohnen;
 SBT= Bioprofin® V

Bei den Rapsprodukten lag der Rohfettverlust für RaPass[®] zunächst leicht über dem der unbehandelten Rapsexpeller, ab dem 8 Stunden-Wert zeigten die unbehandelten Rapsexpeller einen etwas höheren Verlust, diese Unterschiede waren aber statistisch nicht abzusichern.

Das Produkt Bioprofin[®] V zeigte nur nach zweistündiger Inkubation einen geringeren Rohfettverlust gegenüber den unbehandelten Sojabohnen, bis zur 48-stündigen Inkubation lag der Rohfettverlust bei Bioprofin[®] V deutlich ($p < 0,01$) über den Werten der unbehandelten Sojabohnen.

Schlußfolgerungen

Die beiden zum Schutz des Rohproteins eingesetzten chemischen Verfahren wirkten sich nicht schützend auf den Fettabbau im Pansen aus. Da sich der Fettgehalt in den Rapsrationen mit 5 % in der Trockenmasse an praxisüblichen Rationen orientierte, könnte unter Umständen die Menge an freigesetzten Fettsäuren in den unbehandelten Rationen zu gering gewesen sein, als dass sich *in vivo* ein negativer Effekt auf die mikrobielle Population hätte zeigen können. In den Sojarationen, deren Fettgehalt um 2,5 Prozentpunkte höher lag, konnte man im Panseninhalt einen leichten Trend zu höheren Zellwandanteilen beobachten. Man kann vermuten, dass höhere Mengen an Fettsäuren freigesetzt wurden, die sich durch größere Mengen an unverdauten Zellwandbestandteilen und organischer Masse bemerkbar gemacht haben.

Durch die chemische Behandlung konnte man sowohl *in situ* als auch *in vivo* einen ausgeprägten Rohproteinschutz beobachten. Diese Schutzwirkung lässt sich jedoch nicht auf das Rohfett übertragen.

Aufgrund der übereinstimmenden Ergebnisse im Rohprotein- als auch im Rohfettabbau, sind sowohl die *in situ* als auch die *in vivo*-Methode geeignet, den Abbau dieser Nährstoffe im Pansen zu beschreiben.

Literatur

Ameny, G. A., Bunting, L. D., Sticker, I. S., Jenny, B. F., Hintz, R. W., 1995. Evaluation of the ruminal effects of supplemental fat in lucerne hay and maize silage rations using rumen evacuation and ruminal metabolite concentrations. Anim. Feed Sci. Technol. 53: 305- 315

Chalupa, W., Rickabaugh, B., Kronfeld, D. S., Sklan, D., 1984. Ruminal fermentation *in vitro* as influenced by long-chain fatty acids. J. Dairy Sci. 67: 1439- 1444

Kovács, P. L., Südekum, K.-H., Stangassinger, M., 1997. Rumen contents and ruminal and faecal particle size distribution in steers fed a mixed diet at three amounts of intake. Anim. Feed Sci. Technol. 64: 143-154

Shannak, S., Südekum, K.-H., Susenbeth, A., 2000. Estimating ruminal crude protein degradation with *in situ* and chemical fractionation procedures. Anim. Feed Sci. Technol. 85: 195-214.

Zusammenhang zwischen Kauaktivität und Milchfettgehalt bei Kühen bei Variation des Kraftfutterniveaus

Maulbetsch, Anja (Stuttgart-Hohenheim); Tafaj, Myqerem; Steingaß, Herbert; Drochner, Winfried

Ziel der durchgeführten Versuche war es zu untersuchen, inwieweit über den Milchfettgehalt und die Kauaktivität von Milchkühen eine Aussage zur Versorgung mit Strukturfaser getroffen werden kann.

Für diese Untersuchungen standen 4 pansenfistulierte Kühe der Rasse Deutsche Holstein mit einer mittleren LM von ca. 615 kg, vom 80 bis 220. Laktationstag, zur Verfügung. Die Ration bestand aus lang gehäckseltem Heu (XF: 27.4% i.T.; XP: 10.2% i.T.) und Kraftfutter (KF) bestehend aus 35% Mais, 20% Weizen, 18% Gerste, 23% Soja (XF: 3.6% i.T.; XP: 17.6% i.T.). Es wurden 5 Versuche durchgeführt in denen der KF-Anteil von 70% über 60, 50 und 40 auf 25% in der Ration reduziert wurde. Die Futteraufnahme ist auf 18 kg TS/Tier und Tag festgelegt worden. Die Fütterung des KF wurde je nach Menge auf 25 Mahlzeiten am Tag verteilt, damit eine max. KF-Menge von 2.8 kg pro Mahlzeit nicht überschritten wurde. Nach einer mind. 11tägigen Anfütterungsphase wurden an 8 Tagen Milchproben gezogen und die Inhaltsstoffe ermittelt, sowie über einen Zeitraum von 3-6 Tagen die Kauaktivität erfaßt. Die Varianzanalyse der Ergebnisse wurde mit der Prozedur Mixed des Statistikprogramms SAS 8.12 anhand eines Modells für wiederholte Messungen durchgeführt. Die LSMeans für die unterschiedlichen KF-Stufen wurden mit der Option PDIFF verglichen.

Parameter	KF-Stufen, % i.d. T.				
	70	60	50	40	25
TM-Aufnahme, kg /Tier u. Tag	18.0	18.2	18.1	18.0	18.1
XF% i.T. Ration	10.7	13.3	15.6	17.9	21.5
XF% i.T. aus Heu	8.2	11.2	13.8	16.4	20.6
Milchfettgehalt %	3.09 ^a	3.52 ^b	3.79 ^{bc}	4.02 ^{cd}	4.21 ^d
Wiederkauzeit, h/24h	3.2 ^a	4.5 ^b	4.3 ^b	5.2 ^b	6.4 ^c
Gesamt-Kauzeit, h/24h	7.6 ^a	9.3 ^{ab}	9.0 ^{ab}	9.6 ^b	11.7 ^c

Eine Erhöhung des KF-Niveaus von 25 auf 40% zeigt keine signifikante Abnahme des Milchfettgehaltes, während bei einer weiteren Steigerung des KF-Anteils auf 50, 60 und 70% der Fettgehalt um 0.4, 0.7 und 1.1% ($p \leq 0.05$) sinkt. Der Rückgang des Milchfettgehaltes beträgt 0.22% (± 0.024) je 10% Steigerung des KF-Anteils in der Ration ($r = -0.59$; $p \leq 0.0001$).

Die Kau- und Wiederkauzeiten werden mit der Zunahme der KF-Menge deutlich reduziert ($r = -0.62$; $p \leq 0.0001$). Die Wiederkaudauer wird bei 70% im Vergleich zu 25% KF i.T. halbiert, während die Gesamt-Kauzeit um 4 Stunden reduziert wird. Je 10% Steigerung des KF-Anteils verkürzen sich die Kau- und Wiederkauperioden um 51.0 (± 7.15) bzw. 37.9 (± 5.34) Minuten.

Eine Erhöhung des KF-Niveaus in der Ration von 25 auf 70% sowie eine Reduzierung des Strukturfaseranteils von 21 auf 8.5% i.T. Ration führen zu einem deutlichem Rückgang des Milchfettgehaltes sowie der Kau- und Wiederkauzeit, der ab 50% deutlich wird und die kritischen Werte bei 60 und insbesondere 70% erreicht.

Einfluss der Synchronisierung von Kohlenhydrat- und Proteinabbau auf Parameter der Verdauungsphysiologie und Leistung bei Milchkühen

Keller, Sven (Stuttgart-Hohenheim); Steingass, Herbert; Drochner, Winfried

Durch zeitgleiche Bereitstellung von verfügbarem N und fermentierbaren Kohlenhydraten im Pansen (Synchronisierung) kann die Effizienz des mikrobiellen Wachstums optimiert werden verbunden mit einer verbesserten nXP-Versorgung. In der vorliegenden Arbeit wurden synchrone Rationen auf der Basis von Maissilage und langsam fermentierbaren Kraftfutter (KF)-Komponenten und Grassilage in Kombination mit rasch fermentierbaren N- und Kohlenhydratträgern formuliert. Maßstab für den Synchronismus war die mit dem HFT ermittelte RNB im Verlauf von 24 Stunden (Steingass et al., 2001) mit dem Ziel einer ausgeglichenen Bilanz über die Zeit. Durch Austausch der KF-Komponenten der synchronen Rationen wurden die asynchronen Varianten gebildet. Alle Rationen waren auf einen vergleichbaren XP- und Energiegehalt eingestellt. Die Rationen wurden in Form von Mischrationen (TMR) in N- und Energiebilanzversuchen mit pansenfistulierten laktierenden Kühen (je n=4) geprüft. Die mikrobielle Proteinsynthese wurde aus der Allantoinausscheidung im Bilanzharn geschätzt. Darüber hinaus wurden die Rationen in Fütterungsversuchen mit Milchkühen (je n=32) zur Erfassung von Futteraufnahme und Leistung eingesetzt. Einige Ergebnisse sind nachstehend dargestellt.

	Maissilage		Grassilage		Futter	Kontraste	FxS
	syn	asyn	syn	asyn		syn	
<u>Energieumsatz</u>							
<u>z (% v. GE)</u>							
Verdauliche Energie	74,8	72,3	77,1	74,9	*	*	
Umsetzbare Energie	66,2	64,4	68,4	65,7	*	*	
Milch + Ansatz	34,8	33,4	36,7	32,8			
<u>Mikrob. Protein</u>							
<u>synthese</u>							
gN/kg verd. OM	21,5	14,6	21,4	17,1		*	
<u>Fütterungsver</u>							
<u>such</u>							
T-Aufnahme (kg)	20,3	20,2	19,5	20,2	*		*
FECM (kg)	27,4	27,8	27,4	28,3	*		

Bei den synchronen Rationen war die Energieverdaulichkeit signifikant höher. Bei geringen Unterschieden in den Harn- und CH₄-Verlusten führte dies zu einer gesichert höheren Umsetzbarkeit, die sich allerdings nur noch tendenziell in einem höheren Nettoenergieanteil bemerkbar machte. Die Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese war in den synchronen Rationen deutlich erhöht ohne dass ein Einfluss der Fermentationsrate bzw. des Grundfutters erkennbar war. Die synchronen Varianten zeichneten sich auch durch einen gleichmässigeren Verlauf der NH₃-Konzentration im Pansen sowie durch niedrigere Milchwahnhstoffgehalte aus.

Die Wirkung auf Futteraufnahme und Leistung waren gering. Lediglich bei der synchronen Variante auf der Basis von Grassilage war die T-Aufnahme niedriger. Ursache hierfür dürfte in einer Verschlechterung des Pansenmilieus aufgrund der schnellen Fermentationsrate gelegen haben. Bei dieser Variante wurde auch der tiefste pH-Wert und die höchste VFA-Konzentration gefunden. Trotz einiger eindeutiger Wirkungen der Synchronisierung auf den N-Stoffwechsel blieben Effekte auf die Leistungsparameter weitgehend aus. Möglicherweise hat die Rationsgestaltung in Form der TMR-Fütterung bereits einen gewissen Ausgleich des Fermentationsgeschehens bewirkt.

Steingaß, H., D. Nibbe, K.-H. Südekum, P. Lebzien, H. Spiekers (2001): 113.VDLUFA-Kongress, Kurzfassungen der Vorträge, 114.

Überprüfung der Proteinbedarfsempfehlungen für Schwarzbunte Mastbullen

Meyer, Ulrich (Braunschweig); Gädeken, Dieter; Lebzien, Peter; Flachowsky, Gerhard

Eine entsprechend den Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder (1) bedarfsgerechte Rohproteinversorgung schwarzbunter Bullen sollte in der vorliegenden Untersuchung mit einer um jeweils ca. 15% reduzierten bzw. gesteigerten Rohproteinversorgung bei bedarfsgerechter Energieversorgung hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Mastleistungen verglichen werden. Bei der Berechnung des Proteinbedarfs wurde dabei in den einzelnen Lebendmassebereichen von der in den Tabellen der Bedarfsempfehlungen (1) jeweils höchsten angegebenen Lebendmassezunahme ausgegangen.

Für den Versuch standen 47 männliche schwarzbunte Tiere der Rasse Deutsche Holstein mit einer mittleren Lebendmasse von 193 kg zur Verfügung. Die Tiere wurden zu Beginn des Versuches in 3 Gruppen mit je 15 bzw. 16 Tieren eingeteilt: Gruppe A (XP-Kontrolle), Gruppe B (XP-reduziert), Gruppe C (XP-erhöht). Das Ende des Versuches war beim Erreichen einer Lebendmasse von etwa 550 kg vorgesehen.

Die Haltung erfolgte gruppenweise in einem mit Vollspaltenboden ausgestatteten Rindermaststall. Die Bullen erhielten im Verlauf der Mastperiode von 2,1 auf 3,2 kg/Tag ansteigende Mengen einer aus Weizen, Trockenschnitzeln, Sojaextraktionsschrot, Sojaöl und vitaminisiertem Mineralfutter bestehenden Kraftfuttermischung. Als Grundfutter stand den Tieren Maissilage zur freien Aufnahme zur Verfügung. Die Daten zur Futteraufnahme und zur Lebendmasseentwicklung wurden täglich erhoben und sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Mittlere Futteraufnahme und Mastleistungsergebnisse der Bullen

		A (XP-Kontrolle)	B (XP-reduziert)	C (XP-erhöht)
Kraftfutter	kg	2,57	2,52	2,53
	T/Tag			
Maissilage	kg	5,2	5,0	5,2
	T/Tag			
Lebendmassezunahme	g /Tag	1299	1187	1365

Mit zunehmender Versuchsdauer erhöhte sich die Trockensubstanzaufnahme der Bullen im Mittel von 5,12 auf 9,33 kg T/Tag. Zwischen den Gruppen gab es keine Unterschiede in der Kraftfutter- und Grundfutteraufnahme. Die Lebendmassezunahme stieg dagegen mit Erhöhung der Rohproteinaufnahme an. Im Vergleich zu den Bullen der Gruppe A erreichten die mit weniger Rohprotein versorgten Tiere der Gruppe B eine um 8,6% verminderte, die höher mit Rohprotein versorgten Tiere der Gruppe C eine um 5,1% erhöhte tägliche Zunahme der Lebendmasse. Aufgrund höherer Lebendmassezunahmen als zugrunde gelegt, lag das Versorgungsniveau der Tiere insgesamt niedriger als geplant.

(1) GfE (1995): Empfehlungen zum Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 6, Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder. DLG-Verlag, Frankfurt (Main), 85 S.

Zum Einfluss hoher Schwefelzulagen auf Leistungsparameter und Spurenelementgehalte in verschiedenen Geweben bei wachsenden Rindern

Wessels, A. (Freising); Schenkel, H.; Schwarz, F.J.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war, den Einfluss einer hohen Schwefelversorgung auf die tierischen Leistungsparameter und auf die Spurenelementgehalte in verschiedenen Geweben bei wachsenden Rindern zu überprüfen. Der Versuch wurde mit 36 wachsenden Rindern der Rasse Fleckvieh über einen Zeitraum von 21 Wochen ab einer mittleren Lebendmasse von 419 kg bis zu einem mittleren Mastendgewicht von 641 kg durchgeführt. Die S-Versorgung wurde über das Kraftfutter variiert, wobei Ammoniumsulfat als S-Quelle eingesetzt wurde. Allen Tieren wurde Maissilage ad libitum vorgelegt. Der S-Gehalt der Kontrollration ohne Sulfat-Zulage betrug 0,17 % der T der Ration. Durch die gestaffelte Zulage von Ammoniumsulfat wurden die S-Gehalte auf 0,34 % (Zulage 1), 0,55 % (Zulage 2) und 0,74 % (Zulage 3) der T der Ration erhöht. Die Futteraufnahme wurde während der gesamten Versuchsperiode täglich und die Gewichtsentwicklung 14tägig erfasst. Parallel zu dem Fütterungsversuch mit Mastbullen wurde ein Verdaulichkeitsversuch mit Hammeln durchgeführt. Bei diesem Versuch wurde die Kontrollration ohne S-Ergänzung mit 0,17 % S in der T der Ration mit 0,74 % S in der T gegenübergestellt.

Durch die hohen Ammoniumsulfat-Zulagen wurden keine Leistungsdepressionen ausgelöst. Die Futteraufnahme lag im Versuchsmittel bei 9,65 kg T, die täglichen Zunahmen bei 1590 g. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz wurde durch die hohe S-Zulage geringfügig von 77,9 % auf 76,2 % verringert, wobei gleichzeitig die Rohfaserverdaulichkeit zumindest numerisch auf 59,0 % (Zulage 3) gegenüber 64 % (Kontrollration) vermindert war.

Der Cu-Gehalt in der Leber wurde gegenüber der Kontrollgruppe durch die Ammoniumsulfat-Zulage (Zulage 1, 0,34 % S in der T) von 231 mg/kg T auf 138 mg/kg T signifikant reduziert. Durch die weitere Erhöhung der S-Gehalte (Zulagen 2 und 3, 0,55 und 0,74 % S in der T) wurde der Cu-Gehalt in der Leber mit Werten von 142 mg/kg T und 115 mg/kg T nicht mehr weiter signifikant verringert. Der Cu-Gehalt in der Gallenflüssigkeit nahm analog zu den Cu-Gehalten in der Leber bei steigender S-Zufuhr zumindest tendenziell von 0,42 mg/l auf 0,22 mg/l ab. Der Cu-Gehalt in der Niere wurde durch die Zulagen von Sulfat ebenfalls von 22,3 mg/kg T auf 19,3 mg/kg T reduziert. Auch im Plasma lag der Cu-Gehalt der Kontrollgruppe mit 1,01 mg/l geringfügig über dem Mittel aller Zulagegruppen mit 0,85 mg/l.

Der Se-Gehalt in der Leber wurde durch die Zulage von Ammoniumsulfat (Zulage 1) signifikant von 1,17 mg/kg T auf 1,00 mg/kg T verringert. Durch die weiteren S-Zulagen wurden die Gehalte jedoch nicht zusätzlich reduziert. In der Gallenflüssigkeit bzw. in der Niere war bei den Sulfat-Zulagegruppen ein leichter Anstieg der Se-Gehalte gegenüber der Kontrollgruppe von 8,56 mg/l auf 9,38 mg/l bzw. von 6,32 mg/kg T auf 7,00 mg/kg T zu beobachten.

In der Gallenflüssigkeit nahm der Zn-Gehalt mit zunehmender S-Dosierung von 0,66 mg/l auf 0,90 mg/l tendenziell zu. Der Zn-Gehalt im Plasma der Kontrollgruppe und der Zulage 1 (0,34 % S in der T) lag im Mittel bei 0,78 mg/l. Die Tiere, die die Zulagen 2 und 3 (0,55 und 0,74 % S in der T) erhielten, wiesen dagegen einen durchschnittlichen Zn-Gehalt im Plasma von 1,02 mg/l auf.

Einfluss einer Selenzulage in der Fütterung von trockenstehenden Milchkühen

Gierus, Martin (Kiel); Schwarz, Frieder J.; Kirchgessner, Manfred

Der native Selengehalt des wirtschaftseigenen Futters in Deutschland ist für die meisten Nutztiere, darunter auch für hochleistende Milchkühe, gering. Zugekaufte Futtermittel aus selenreichen Regionen können bis zu 10-fach höheren Gehalt an nativem Selen im Vergleich zu hiesigen Futtermitteln aufweisen. Allerdings ist die Selenversorgung von Kühen in der Trockenstehzeit besonders gefährdet, da meistens selenarmes, regional hergestelltes Grundfutter als Hauptkomponente von Futterrationen eingesetzt wird. Eine Selenzulage scheint daher grundsätzlich notwendig zu sein, um Bedarfswerte von 200 µg Se/kg TS (GfE 2001) für laktierende und trockenstehende Kühe zu decken. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss der Selenversorgung über ausschließlich native Se-Gehalte von herkömmlichen Futtermitteln gegenüber der mit Na-Selenit ergänzten Selenversorgung während der Trockenstehzeit auf die Se-Gehalte und die Aktivität der Glutathion-Peroxidase (GSHPx) im Blutplasma, sowie im Kolostrum und in der Milch post partum zu überprüfen. Es wurden 42 Milchkühe, die zu Versuchsbeginn 60 Tage vor dem geplanten Abkalbedatum waren, in einem Versuch eingesetzt. Erstlingskühe wurden nicht einbezogen. Von Tag 60 bis Tag 21 ante partum wurde den Versuchstieren eine Futterration zur freien Aufnahme vorgelegt, die aus 15% Mais-, 75% Grassilage und 10% Heu bestand (jeweils 10, 26 und 20 µg Se/kg TS). Ab Tag 21 wurden die Kühe zusätzlich mit steigenden Mengen an Anfuttermungskraftfutter gefüttert (19 µg Se/kg TS). In Behandlung 1 (T1) wurde keine Selenzulage vorgenommen. Behandlung 2 (T2) entspricht einer täglichen Selenzulage von 2,4 mg Se/Kuh als Na-Selenit. Die Selenzulage in T2 wurde mit der Kalbung eingestellt. Blutproben wurden am Tag 60, 21 und 7 ante partum, zur Kalbung und am Tag 7 und 21 post partum aus der Eutervene gezogen. Kolostrum- und Milchproben wurden zur Kalbung, bzw. am Tag 7 und 21 post partum gezogen. Die statistische Auswertung erfolgte anhand einer randomisierten Blockanlage im Split-plot Design und die Mittelwerte wurden mit dem SNK-Test gegeneinander getestet. Im Blutplasma ist ein deutlicher Abfall des Selengehaltes bei T1 von 18 µg/l auf 9 µg/l zu beobachten. Der niedrigste Se-Gehalt von 9 µg/l wurde am Tag 7 ante partum erreicht, während in T2 zum selben Zeitpunkt ein Se-Gehalt von 36 µg/l ermittelt wurde. In T1 wurde im Kolostrum 25 µg Se/kg und in T2 53 µg Se/kg ermittelt. Kein Unterschied wurde am Tag 7 und 21 post partum im Se-Gehalt der Milch zwischen T1 und T2 festgestellt. Der Selengehalt in der Milch betrug am Tag 7 und 21 post partum 8 µg/kg und 6 µg/kg. Die Aktivität der GSHPx zeigt ebenfalls deutlich den Unterschied zwischen T1 und T2. Der Unterschied ist weiterhin signifikant niedriger für T1 am Tag 7 und 21 post partum. Die vorliegende Arbeit bestätigt, dass eine Selenzulage in der Trockenstehzeit zu beachten ist. Die fortlaufend niedrige native Selenzufuhr scheint in der Trockenstehzeit den gesamten Selenstatus zunehmend zu verschlechtern.

Bilanzversuche zum Einsatz von Seltenen Erden in der Schweinemast

Böhme, Hartwig (Braunschweig)¹; Fleckenstein, Jürgen; Hu, Zheng Y; Schnug, Ewald

1. Einleitung

Die Gruppe der Seltenen Erden (SE) umfasst insgesamt 17 chemisch sehr ähnliche Elemente, von denen Lanthan (La) und Cer (Ce) die bedeutendsten sind. Von ihnen ist bekannt, dass sie in China insbesondere in der Schweine- und Geflügelfütterung als Wachstumsförderer eingesetzt werden. Bei geringen Dosierungen von 100 bis 200 mg SE je Kilogramm Futter wurden dort Steigerungen der Wachstumsleistung bis zu 30 % erzielt. Nach den in der Tabelle 1 zusammengestellten Versuchsergebnissen werden die besten Ergebnisse erreicht, wenn die Seltenen Erden an organische Säuren gebunden sind.

Tabelle 1: Wachstumsleistung von Mastschweinen nach Verfütterung von Seltene Erde-Konzentraten als Wachstumsförderer (Chinesische Untersuchungen)

Bindungsform	Dosierung mg/kg	LM-Bereich kg	LMZ		kg Futter/ kg Zuwachs		Autoren
			abs. g	rel. %	abs.	rel.	
Kontrolle	-	50-75	710	100	4,23	100	Chen, Hui-Fang 1997
SE-Ascorbat	100	51-76	766	108	3,91	92	
SE-Zitrat	130	51-81	890	125	3,44	81	
Kontrolle	-	32-97	336	100	5,12	100	Chen, Hui-Fang 1997
SE-Ascorbat	100	33-112	360	107	4,53	88	
SE-Zitrat	130	32 -96	346	103	5,42	106	
Kontrolle	-	46 -69	704	100	2,63	100	Wan, Qui-Ang, 1997
SE-Chlorid	80	41 -66	769	109	2,41	92	
SE-Chlorid	160	49 -72	713	101	2,61	99	
SE-org. Säure	700	44 -73	929	132	2,01	76	

Erste Fütterungsversuche, die unter mitteleuropäischen Bedingungen durchgeführt worden sind, haben ebenfalls deutliche Effekte gezeigt, und zwar wurden durch Ergänzungen des Futters mit unterschiedlichen SE-Verbindungen um bis zu 19 % höhere Wachstumsleistungen bei einem um 11 % niedrigeren Futteraufwand ermittelt (Tabelle 2).

¹ eMail: hartwig.boehme@fal.de

Tabelle 2: Wachstumsleistung von Mastschweinen nach Verfütterung von verschiedenen SE- Konzentraten als Wachstumsförderer (Deutsche Untersuchungen)

Bindungsform	Dosierung mg/kg	LM-Bereich kg	LMZ		kg Futter/ kg Zuwachs		Autoren
			abs. g	rel. %	abs.	rel.	
Kontrolle	-	17-60	635	100	2,38	100	He, M.L. et al., 2000
SE-Chlorid	150		755	119	2,13	89	
Kontrolle	A	85	18-53	635	2,38	100	He, M.L. et al. 2001
	E	100	53-77	842	2,71	100	
SE-Chlorid	A	85	17-60	755	19	2,13	
	E	100	60-86	941	12	2,63	

A = Anfangsmast; E = Endmast

Da zum Wirkungsmechanismus dieser Verbindungen bisher kaum Informationen vorliegen, wurde als Beitrag zur Klärung eine Serie von Bilanzversuchen unter der Fragestellung durchgeführt, ob die SE-Verbindungen die Verdaulichkeit der Nährstoffe unter praxisüblichen Fütterungsbedingungen beeinflussen.

2. Material und Methode

Insgesamt wurden 40 Bilanzversuche mit 20 männlichen Kastraten der DL-Rasse im Lebendmassebereich 35 – 65 kg durchgeführt, in denen folgende SE-Zusätze im Vergleich zu einem Futter ohne SE-Zulagen eingesetzt wurden:

Lanthan(III)-chlorid-heptahydrat
 $(\text{RE}_2\text{O}_3) \text{ REE } (\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{SE-nitrat}$
 $(\text{RE}_2\text{O}_3) \text{ REE } (\text{citric})_2 \rightarrow \text{SE-citrat}$
 $(\text{RE}_2\text{O}_3) \text{ REE } (\text{ascorbid})_2 \rightarrow \text{SE-ascorbat}$

Jede SE-Variante wurde somit an 8 Tieren geprüft.

Bei dem Lanthanchlorid handelt es sich um ein chemisch reines Produkt der Firma Merck, Darmstadt. Die übrigen SE-Konzentrate wurden aus China eingeführt und enthielten Lanthan und Cer in unterschiedlichen Konzentrationen (s. Tab. 3).

Die Bilanzversuche wurden entsprechend den von Schiemann (1981) veröffentlichten Empfehlungen durchgeführt. Die Fütterung der Tiere erfolgte auf dem Niveau des 2,3-fachen energetischen Erhaltungsbedarfs, die Kot- und Harnsammelperiode dauerte 7 Tage mit einer vorgeschalteten Adaptationsperiode von 10 Tagen.

Die verfütterte Diät, an der die Wirksamkeit der einzelnen SE-Verbindungen geprüft wurde, bestand aus 41 % Gerste, 40 % Weizen, 15 % Sojaextraktionsschrot, 1 % Sojaöl und 3 % Mineralstoff-/Vitamin- und Aminosäureenergänzung. Mit einem Rohproteingehalt von 18 % und einem Energiegehalt von 14,5 MJ ME je kg Trockenmasse entsprach sie weitgehend den DLG-Empfehlungen für ein Anfangsmastfutter. Für die Ergänzung mit Spurenelementen, Vitaminen und Aminosäuren wurden die Richtwerte der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 1987) zugrunde gelegt.

Außerdem wurden mit jeder SE-Verbindung an 3 Tieren Testfütterungen im Bereich von 42 kg bis 90 kg Lebendmasse durchgeführt, um neben den Leistungsdaten nach der Schlachtung der Tiere gegebenenfalls Anreicherungen von Seltenen Erden in den verschiedenen Organen (Niere, Leber, Kotelett und Flomen) erfassen zu können.

Die Analyse der Se-Konzentration im Futter und in den verschiedenen Organen erfolgte mittels ICP-QMS (Induktiv gekoppeltes Plasma-Quadrupol Massenspektrometer, Unicam PQ3), wobei die Kalibrierung des Gerätes bei Lanthan und Cer mit zertifizierten Standardlösungen im Bereich von 0,4 µg/L durchgeführt wurde. Der Aufschluss der Proben erfolgte mit Salpetersäure (65%-ig) und Wasserstoffperoxid (30%-ig) in Teflongefäßen unter Druck im Mikrowellenofen.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Lanthan- und Cer-Bestimmungen in den verschiedenen SE-Zusätzen sowie in den eingesetzten Futtermischungen sind in der Tabelle 3 enthalten.

Tabelle 3: Lanthan- und Cer-Gehalt in den SE-Konzentraten sowie in den verschiedenen Futtermischungen

	SE Konzentrat (%)		Versuchsfutter (mg/kg)	
	La	Ce	La	Ce
Kontrolle	-	-	0,8	1,9
Lanthanchlorid	39,7	-	60,9	1,9
SE-Nitrat	12,3	21,7	38,8	61,8
SE-Citrat	9,7	15,7	30,7	58,7
SE-Ascorbat	8,5	16,8	34,8	63,1

Die Ergebnisse der Kontrollanalysen zeigen, dass die beabsichtigte Konzentration von 100 mg Lanthan und Cer je Kilogramm Futter bei Verwendung der 3 SE-Konzentrate mit den Soll-Gehalten recht gut übereinstimmt. Bei Verwendung des chemisch reinen Lanthanchlorids lag die SE-Konzentration indessen deutlich unter dem Sollwert.

Um im Alleinfutter die Konzentration von 100 mg SE/kg zu erreichen, waren nur geringe Mengen von den verschiedenen Zusätzen notwendig, deren Auswirkungen auf die Nährstoffkonzentration im Futter vernachlässigt werden konnte. Entsprechend wurde bei der Auswertung der Bilanzversuche von dem gleichen Rohnährstoffgehalt in den verschiedenen Versuchsmischungen ausgegangen (s. Tabelle 4).

Tabelle 4: Rohnährstoffgehalt der Versuchsmischungen

T	OS	XP	XL	XF	XX	XS	XZ
g/kg	g/kg T						
876,3	941,6	178,1	27,2	46,8	689,5	524,3	29,8

Die Verdaulichkeit des Versuchsfutters ist in Abhängigkeit von den eingesetzten SE-Zusätzen in der Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle 5: Rohnährstoffverdaulichkeit eines Anfangsmastfutters nach Zusatz von Seltenen Erden (n = 8)

Gruppe		Verdaulichkeit (%)				
		Organ. Subst.	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extrakt.
1	$\bar{x}$	83,5	78,9	57,2	23,7	88,9
(Kontrolle)	s	1,2	2,1	9,8	4,4	2,7
2	$\bar{x}$	83,8	79,1	59,7	23,3	89,3
(La-Chlorid)	s	1,2	2,4	9,8	8,6	2,0
3	$\bar{x}$	82,7	76,8	56,5	21,7	89,4
(SE-Nitrat)	s	1,1	2,2	7,5	6,5	0,6
4	$\bar{x}$	83,0	77,1	58,6	23,2	29,6
(SE-Citrat)	s	1,2	3,6	9,5	4,0	0,5
5	$\bar{x}$	83,7	79,2	55,8	26,8	89,9
(SE-Ascorbat)	s	1,2	3,9	6,7	3,6	0,5

Dabei ergab die statistische Auswertung der Daten mit Hilfe des Dunnett's T-Tests ($p < 0,05$) für keinen der Rohnährstoffe einen signifikanten Einfluss der verschiedenen SE-Zusätze im Vergleich zur Kontrolle. Bei der Rohfaserverdaulichkeit ist bestenfalls eine Tendenz zu höheren Verdaulichkeitswerten bei Anwendung von SE-Ascorbat zu erkennen.

Die Berechnung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie (GfE 1987) anhand der von jedem Versuchstier ermittelten Verdaulichkeitswerte ergab ebenfalls keinen signifikanten Effekt der verschiedenen SE-Zusätze (s. Tabelle 6).

Tabelle 6: Gehalt an Umsetzbarer Energie (ME) eines Anfangsmastfutters nach Zusatz von Seltenen Erden

Gruppe		1	2	3	4	5
Zusatz		-	La-Chlorid	SE-Nitrat	SE-Citrat	SE-Ascorbat
MJ ME/kg T	$\bar{x}$	14,17	14,25	14,13	14,20	14,31
	s	0,38	0,23	0,21	0,26	0,25

Wie aus den Ergebnissen ersichtlich, führten alle SE-Zusätze mit Ausnahme des Nitrates zu einem marginalen Anstieg des ME-Gehaltes, der für Ascorbat am höchsten lag, aber unter 1 % blieb.

Nach diesen Ergebnissen ist davon auszugehen, dass die von anderen Autoren beschriebene leistungsverbessernde Wirksamkeit von Seltenen Erden nicht auf eine Steigerung der Nährstoffverdaulichkeit beruht, sondern eine höhere Ausnutzung der umsetzbaren Energie erfolgen müsste. Ob bei Verwendung der in Mitteleuropa eingesetzten Mastrationen gesichert mit Leistungssteigerungen zu rechnen ist, muss kritisch beurteilt werden. Diese Rationen, die zumeist auf Getreide als Energiequelle basieren, enthalten als Hauptnährstoff Stärke, die vom Schwein nahezu vollständig verdaut wird und von der bekannt ist, dass ein hoher Anteil ihrer Umsetzbaren Energie in den Ansatz übergeht. Entsprechend ist der Umfang für weitere Verbesserungen in der Ausnutzung gering.

Eine Testfütterung, die bei geringen Tierzahlen (n=3) mit dem gleichen Versuchsfutter und den verschiedenen SE-Zusätzen durchgeführt worden ist, unterstützt diese These, wie die in Tabelle 7 zusammengestellten zootechnischen Parameter zeigen.

Tabelle 7: Verfütterung von Seltenen Erden an Mastschweine

Versuchstiere:	15 männliche Kastraten (3 Tiere je Gruppe)				
Mastbereich:	42 – 90 kg				
Fütterungsregime:	restriktiv für mittlere LMZ von 750 g/d während der Gesamtmast				
Ergebnisse					
Gruppe	1	2	3	4	5
	Kontrolle	La-Chlorid	SE-Nitrat	SE-Zitrat	SE-Ascorbat
LMZ g/Tag	896	864	864	866	886
Aufwand je kg Zuwachs					
kg Futter	2,62	2,72	2,72	2,71	2,65
MJ ME	32,63	33,87	33,87	33,75	33,00

Die Ergebnisse der SE-Analysen ergaben in den verschiedenen Organen keinen Hinweis auf eine Akkumulation dieser Elemente im Körper der Tiere, deren Futter SE-Zusätze enthielt (Tabelle 8).

Tabelle 8: La- und Ce-Gehalte in Niere, Leber, Kotelett und Flomen von Mastschweinen nach Zusatz dieser Elemente zum Futter (100 mg/kg)

	Kontrolle		SE-Zusätze	
	La	Ce	La	Ce
	mg/kg T		mg/kg T	
Niere	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Leber	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Kotelett	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Flomen	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03

Mit diesen Resultaten werden im Grundsatz die Ergebnisse von He et al. (2001) bestätigt, die ebenfalls nach Verfütterung von SE-Präparaten in vergleichbarer Konzentration im Futter – jedoch über einen deutlich längeren Zeitraum – keinen nennenswerten Übergang dieser Elemente in Muskel, Leber und Niere festgestellt haben, obwohl sie nachweisen konnten, dass die Konzentrationen bei den Tieren mit SE-Zusätzen im Futter geringfügig höher lagen.

4. Schlussbetrachtung

Aus den vorliegenden Bilanzversuchen und der Testfütterung konnte keine leistungssteigernde Wirkung von Seltenen Erden beim Schwein abgeleitet werden. Damit stehen diese Ergebnisse im Widerspruch zu Befunden aus Versuchen, die an der Universität München durchgeführt worden sind. Für den Nachweis einer gesicherten Wirksamkeit von Seltenen Erden sind weitere Untersuchungen zum

Wirkungsmechanismus in Zusammenhang mit der Bindungsform dieser Elemente und ihrer Dosierung notwendig.

5. Literatur

- Chen, Hui-Fang (1997): Influence of rare earth compounds on the growth of pigs. J. Chin. Rare Earth Society 15, 441-443
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie), Ausschuss für Bedarfsnormen (1987): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 4 Schweine. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt/Main.
- He, M. L. und Rambeck, W. A. (2000): Rare earth elements – a new generation of growth promoters for pigs. Arch. Anim. Nutr. 53, 323-334.
- He, H.L.; Ranz, D. und Rambeck, W.A. (2001): Study on the performance enhancing effect of rare earth elements in growing and fattening pigs. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 85, 263-270
- Schiemann, R. (1981): Methodische Richtlinien zur Durchführung von Verdauungsversuchen für die Futterwertschätzung. Arch. Anim. Nutr. 31, 13-18.
- Wan Qiang, Jiang Wenqing, Luo Liangguang, Liu Sui, Ning Jiaben, Yuan Fuzhong (1997): Studies on rare earth additives in pig feeding. Rare Earth 18, 38-42

Untersuchungen zum Einfluss von Seltenen Erden auf das Wachstum und die Schlachtleistung von Broilern

Halle, I. (Braunschweig)¹; Fleckenstein, J.; Hu, Zheng Yi; Flachowsky, G.; Schnug, E.

Einleitung

Die größten Weltvorräte an Seltenerz-Erden liegen mit über 80 % in China. Neben der Anwendung von Seltenen Erden (SE) in der Metallurgie, chemischen Industrie und Elektronik werden sie im Herkunftsland als Futterzusatzstoff in der Landwirtschaft bei den verschiedensten Tierarten eingesetzt. In chinesischen Zeitschriften veröffentlichte Ergebnisse zur Wirkungen der Seltenen Erden in der Ernährung von Mastkühen, Legehennen oder auch Zuchthennen weisen positive Effekte auf die Leistungsmerkmale nach.

Um diese Ergebnisse nachzuvollziehen, wurde ein Broilermastversuch durchgeführt und drei Seltenerd-Präparate als Ascorbat, Citrat und Nitrat, die vom China Rare Earth Center for Agriculture stammen, sowie ein gereinigtes Lanthan-Chlorid geprüft.

Material und Methoden

Für die Untersuchungen standen 308 männliche Broiler (Lohmann Meat) zur Verfügung. Die Küken wurden am ersten Lebenstag eingestallt und der Versuch wurde über 35 Tage durchgeführt. Jeder Versuchsgruppe wurden 6 Käfige mit je 7 Tieren zugeteilt und der Kontrolle 20 Käfige. Die Käfige waren mit Nippeltränken und Futtergefäßen für eine ad libitum Aufnahme ausgestattet. Die Lebendmasseentwicklung und die Futteraufnahme wurden wöchentlich erfasst. Am Versuchsende wurden 6 Broiler jeder Gruppe, die der mittleren Lebendmasse der Gruppe entsprachen, geschlachtet und die Masse an Brust- und Oberschenkelmuskel, Organen, und Abdominalfett ermittelt. Der Gehalt an Seltenen Erden im Futter und in tierischen Produkten wurde mittels ICP-QMS bestimmt.

Die Zusammensetzungen der Futtermischungen und der supplementierten Präparate sind aus den Tabellen 1 und 2 abzulesen.

Das Mastfutter jeder Versuchsgruppe wurde so kalkuliert, dass 100 mg Cer (Ce) plus Lanthan (La) pro kg Futter enthalten waren. Resultierend daraus, war die supplementierte Menge des jeweiligen Zusatzstoffes zwischen den Gruppen unterschiedlich. Die Analyse der Seltenen Erden in den fertigen Futtermischungen (Tab. 1) zeigte, dass die geplante Menge an Seltenen Erden in Gruppe 4 (SE-Nitrat) und Gruppe 5 (Lanthan-Chlorid) nicht realisiert wurde, sondern nur 49 mg bzw. 58 mg pro kg enthalten waren.

Die statistische Auswertung der Merkmale erfolgte unter Verwendung des Programmpaketes SAS 6.12. Für die Varianzanalyse der Merkmale während des Wachstums und nach der Ausschlachtung wurde die Prozedur GLM benutzt und der Mittelwertvergleich mit dem LSD-Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $P \leq 0,05$ durchgeführt.

¹ eMail: ingrid.halle@fal.de

Ergebnisse

Das Leistungsniveau in dem Broilermastversuch war hoch. Die Lebendmassen am Versuchsende lagen in allen Gruppen über 2 kg, bei einem Futteraufwand unter 1,5 (Tab. 3). Insbesondere die Supplementierung von SE-Ascorbat und SE-Citrat führte zu einer statistisch gesichert höheren Futteraufnahme der Broiler im Vergleich zur Kontrolle und resultierend daraus zu besseren Lebendmassezunahmen bei den Tieren. Die erreichten Mastendmassen der Broiler dieser beiden Gruppen lagen damit 7 % über denen der Kontrolle. Der Futteraufwand der Versuchsgruppe mit SE-Ascorbat im Futter war im Vergleich zur nicht supplementierten Kontrolle signifikant vermindert ($P \leq 0,05$).

Tabelle 1: Zusammensetzung und wertbestimmende Inhaltsstoffe der Futtermischungen (g/kg)

Gruppe Zusammensetzung	1 Kontrolle	2 SE-Ascorbat	3 SE-Citrat	4 SE-Nitrat	5 Lanthan- Chlorid
Weizen	200	200	200	200	200
Mais	353	352,6	352,6	352,7	352,8
Sojaöl	29	29	29	29	29
Sojaextraktionsschrot (44%XP)	192,5	192,5	192,5	192,5	192,5
Dicalciumphosphat	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
Kohlensaurer Futterkalk	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
Viehsalz	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
DL-Methionin	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
L-Lysin-HCl	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Sojavollbohnen	180	180	180	180	180
Prämix ¹⁾	10	10	10	10	10
SE-Ascorbat ²⁾	-	0,395	-	-	-
SE-Citrat ²⁾	-	-	0,394	-	-
SE-Nitrat ²⁾	-	-	-	0,295	-
Lanthan-Chlorid ²⁾	-	-	-	-	0,225
Trockensubstanz ³⁾	897	897	899	899	896
Rohprotein ³⁾	213	206	209	206	202
AME _N (MJ/kg) ⁴⁾	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80
Lysin ⁴⁾	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Methionin + Cystin ⁴⁾	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2
Lanthan ³⁾	0,00001	0,0295	0,0310	0,0169	0,0562
Cer ³⁾	0,00002	0,0525	0,0581	0,0248	0,0016
Seltene Erden (Summe) ³⁾	0,00005	0,1034	0,0973	0,0490	0,0582

¹⁾ Zusatz g/kg Futter: 12000 I.E. Vitamin A, 3500 I.E. Vitamin D3, 40 mg Vitamin E, 2,5 mg Vitamin B1, 8 mg Vitamin B2, 6 mg Vitamin B6, 32 mcg Vitamin B12, 4,5 mg Vitamin K3, 45 mg Nicotinsäure 15 mg Ca-Pantothenat, 1,2 mg Folsäure, 50 mcg Biotin, 550 mg Cholinchlorid, 30 mg Eisen, 20 mg Kupfer, 100 mg Mangan, 80 mg Zink, 1,2 mg Jod, 0,4 mg Selen, 0,4 mg Kobalt, 100 mg BHT ²⁾ Seltene Erden ³⁾ Analytische Werte ⁴⁾ Kalkulierte Werte

Tabelle 2: Analyse der drei chinesischen Seltenerd-Präparate und von Lanthan-Chlorid (%)

Seltene Erden	La	Ce	La + Ce
SE-Ascorbat	8,5	16,8	25,3
SE-Citrat	9,5	15,7	25,4
SE-Nitrat	12,2	21,7	33,9
Lanthan-Chlorid	44,5	-	44,5

Die Supplementierung von Lanthan-Chlorid verbesserte statistisch gesichert die Mastendmasse der Broiler um 5 % im Vergleich zur Kontrolle. Die Futteraufnahme, Lebendmassezunahme und der Futteraufwand dieser Gruppe waren nur in der Tendenz besser als bei der Kontrolle.

Die geringste Verbesserung von 2 % bei der Mastendmasse brachte die Anreicherung des Futters mit SE-Nitrat im Vergleich zur Kontrolle. Die ermittelten Merkmale der Broiler dieser Gruppe unterschieden sich nicht von denen der Kontrolle ($P > 0,05$).

Tabelle 3: Ergebnisse des Wachstumsversuches an Broilern über 35 Tage (Mittelwert $\pm$ Standardabweichung)

Gruppe Merkmal	1 Kontrolle	2 SE-Ascorbat	3 SE-Citrat	4 SE-Nitrat	5 Lanthan-Chlorid
Anzahl Broiler	137 ¹⁾	40 ²⁾	42 ²⁾	38 ²⁾	40 ²⁾
Futteraufnahme, g/Boiler/Tag					
0. – 21.	47,2 b $\pm$ 3,9	50,0 ab $\pm$ 2,8	49,8 ab $\pm$ 3,8	50,7 a $\pm$ 3,3	49,3 ab $\pm$ 4,1
21. – 35.	148,2 b $\pm$ 6,3	156,9 a $\pm$ 4,6	156,9 a $\pm$ 3,2	149,2 ab $\pm$ 4,7	151,1 ab $\pm$ 9,6
0. – 35.	87,6 b $\pm$ 4,2	92,8 a $\pm$ 1,8	92,5 a $\pm$ 2,8	90,1 ab $\pm$ 3,2	90,0 ab $\pm$ 6,1
Lebendmassezunahme, g/Broiler/Tag					
1. – 21.	34,3 b $\pm$ 3,6	38,1 a $\pm$ 1,9	36,0 ab $\pm$ 3,1	36,2 ab $\pm$ 2,6	35,6 ab $\pm$ 3,4
21. – 35.	90,0 c $\pm$ 5,8	95,3 ab $\pm$ 4,7	97,1 a $\pm$ 1,9	90,5 bc $\pm$ 5,4	95,2 ab $\pm$ 4,1
0. – 35.	56,6 c $\pm$ 2,0	61,0 a $\pm$ 1,9	60,5 a $\pm$ 1,8	57,9 bc $\pm$ 1,8	59,4 ab $\pm$ 3,4
Futteraufwand, kg Futter/kg Zunahme					
2. – 21.	1,369 a $\pm$ 0,071	1,290 b $\pm$ 0,024	1,370 a $\pm$ 0,051	1,391 a $\pm$ 0,034	1,399 a $\pm$ 0,061
21. – 35.	1,647 $\pm$ 0,098	1,656 $\pm$ 0,053	1,607 $\pm$ 0,028	1,656 $\pm$ 0,086	1,582 $\pm$ 0,066
0. – 35.	1,480 a $\pm$ 0,035	1,442 b $\pm$ 0,032	1,464 ab $\pm$ 0,02	1,497 a $\pm$ 0,035	1,472 ab $\pm$ 0,020
Lebendmasse, 35. Tag, g/Broiler					
Lebendmasse %	2024 c $\pm$ 229 100	2169 a $\pm$ 163 107	2157 ab $\pm$ 159 106,5	2074 bc $\pm$ 246 102	2124 ab $\pm$ 184 105

¹⁾ Versuchsbeginn 140 Küken ²⁾ Versuchsbeginn 42 Küken

a; b – signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen bei einem Merkmal sind durch unterschiedliche kleine Buchstaben gekennzeichnet

Die Ausschlachtung der Broiler und Ermittlung des Anteils an wertvollen Fleischteilen (Brust, Brusthaut, Keule), Organen (Herz, Leber), Abdominalfett und bratfertigem Körper ohne Innereien, ergab nur im Anteil der Leber am Gesamtkörper signifikante

Unterschiede zwischen den Gruppen (Tab. 4). Der Anteil der Leber war bei den Kontrolltieren gesichert höher im Vergleich zu den Versuchsgruppen, deren Futter SE-Ascorbat bzw. Lanthan-Chlorid enthielt.

Tabelle 4 : Ergebnisse der Ausschachtung der Broiler nach 35 Tagen Mast (in g/100g Lebendmasse) (Mittelwert $\pm$ Standardabweichung)

Gruppe Merkmal	1 Kontrolle	2 SE-Ascorbat	3 SE-Citrat	4 SE-Nitrat	5 Lanthan- Chlorid
Anzahl Broiler	10	6	6	6	6
Brustmuskel	14,4 $\pm$ 1,7	14,9 $\pm$ 0,5	14,7 $\pm$ 2,1	15,1 $\pm$ 2,4	14,0 $\pm$ 1,6
Keule	19,8 $\pm$ 1,6	19,6 $\pm$ 1,3	19,8 $\pm$ 1,0	20,2 $\pm$ 1,0	20,1 $\pm$ 1,0
Leber	2,5 a $\pm$ 0,3	2,1 b $\pm$ 0,3	2,2 ab $\pm$ 0,2	2,3 ab $\pm$ 0,4	2,1 b $\pm$ 0,2
Herz	0,7 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,0	0,8 $\pm$ 0,4	0,7 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1
Abdominalfett	1,2 $\pm$ 0,3	1,4 $\pm$ 0,4	1,4 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,3	1,5 $\pm$ 0,3
Brusthaut	0,6 $\pm$ 0,2	0,6 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,2	0,7 $\pm$ 0,1
Bratfertiger Körper ohne Innereien	69,4 $\pm$ 2,0	69,8 $\pm$ 1,5	69,2 $\pm$ 1,2	70,4 $\pm$ 1,8	69,5 $\pm$ 1,5

a; b – signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen bei einem Merkmal sind durch unterschiedliche kleine Buchstaben gekennzeichnet

Schlussfolgerungen

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Supplementierung der Seltenerd-Präparate und Lanthan-Chlorid zum Mastfutter die Wachstumsmerkmale von männlichen Broilern während der ersten 35 Lebenstage beeinflusste.

Von Bedeutung waren offensichtlich die chemische Bindung und die Konzentration der Seltenen Erden im Mastfutter. So verbesserte die Bindung der Seltenen Erden an Ascorbinsäure (SE-Ascorbat) die Mastendmasse der Broiler um 7 % im Vergleich zu den Kontrolltieren. Die Supplementierung von nur 50 mg Seltene Erden pro kg Futter und eine Bindung an Nitrat (SE-Nitrat) führte zu keiner statistisch gesichert höheren Endmasse der Tiere im Vergleich zur Kontrolle und der SE-Ascorbat-Gruppe.

Anzumerken ist dabei, dass die Einsatzempfehlung des chinesischen Herstellers bei 100 g pro Tonne Futter für das Seltenerd-Ascorbinsäure-Präparat liegt, was bedeutet, dass im fertigen Mastfutter dann etwa 25 mg Seltene Erden pro kg enthalten sind. Im Vergleich zu der vorgestellten Untersuchung wären das nur 25 % der hier eingesetzten Menge an Seltenen Erden im Broilerfutter.

Die Schlachtkörperzusammensetzung wurde durch die Supplementierung der Seltenen Erden nicht verändert und eine Anreicherung in den tierischen Produkten bei einer Nachweisgrenze von 10 ppb nicht nachgewiesen.

Experimente zum Gärverlauf in Vorratssilagen aus totalen Mischrationen (TMR)

Alberti, Jan Hinnerk (Kiel)¹; Thaysen, Johannes; Südekum, Karl-Heinz

Zusammenfassung

Die Verfütterung einer totalen Mischration (TMR) ohne Einsatz eines eigenen Mischwagens erfolgt im Rahmen der überbetrieblichen Fütterung oder nach der Erstellung einer TMR-Vorratssilage durch den Lohnunternehmer und der Vorlage dieser Ration mit Hilfe herkömmlicher Verfahren. Detaillierte Kenntnisse zum Silierverlauf bei solchen Silagen sind bisher kaum vorhanden.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Gärverlauf von TMR-Vorratssilagen mit unterschiedlichem Kraftfutteranteil (40 % bzw. 60 % in der Trockenmasse (TM)) anhand von pH-Werten, wasserlöslichen Kohlenhydraten (WLK), TM-Verlusten und Nicht-Protein-Stickstoff-Verbindungen (NPN-Verbindungen) über eine Silierdauer von 1, 3, 7, 14, 21 und 28 Tagen in einem Laborversuch untersucht. Mais- und Grassilage, Weizen, Körnermais, Soja- und Rapsextraktionsschrot sowie ein Mineralfuttermittel wurden als Rationskomponenten verwendet. Als Siliermittel kamen Melasse sowie zwei Milchsäurebakterienpräparate zum Einsatz, jeweils allein und in Kombination. Nach einer Lagerdauer von 7, 14, 21 und 28 Tagen wurde die aerobe Stabilität der TMR-Vorratssilagen überprüft.

Im Laufe der Silierung wurde ein signifikanter pH-Wert-Abfall beobachtet, der von einem nahezu vollständigen Abbau der WLK aus den verwendeten Kraftfuttermitteln begleitet wurde. Der Anteil der NPN-Verbindungen wurde in allen Varianten nur geringfügig gegenüber dem jeweiligen Anfangswert angehoben. Es wurden nur geringe TM-Verluste von 1,1 bis 2,9 % gemessen. Die erfaßten Parameter des Gärverlaufes wiesen auf vorwiegend homofermentative Prozesse und im Resultat auf positive Gäreigenschaften der TMR hin. Die sensorische Beurteilung ergab jedoch bei zahlreichen Silageproben Hinweise auf unerwünschte Fermentationsprodukte, denen im Rahmen dieser Arbeit nicht nachgegangen werden konnte.

Mit zunehmender Silierdauer nahmen die mit einem ausgeprägten pH-Wert-Anstieg verbundenen Verderberscheinungen in den aerob gelagerten Silagen deutlich ab. Ein Melasseeinsatz wirkte sich besonders günstig auf die aerobe Stabilität aus. Es bleiben noch verschiedene Fragen zum Gärverlauf von TMR-Vorratssilagen offen. Die Analyse von Gärsäuren, Ethanol und Verbindungen eines Eiweißabbaus (biogene Amine, Ammoniak-Stickstoff) im vorhandenen Probenmaterial könnte zur Aufklärung einiger widersprüchlicher Befunde in der vorliegenden Arbeit beitragen.

1 Einleitung

In der Milchviehhaltung finden in wachsenden Tierbeständen Verfahrensübergänge in allen Bereichen der Produktion statt. In diesem Zusammenhang haben sich auch für die Gestaltung der Futterrationen und die Art der Futtervorlage andere Rahmenbedingungen ergeben (DLG 2001). Zwei Verfahren, die vor dem Hintergrund steigender Milchleistungen in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen haben, sind die Aufwertung der am Freßgitter vorgelegten Basisration über die Zulage eines Ausgleichsfutters oder aber die Erstellung einer totalen Mischration

¹ eMail: Jan.H.Alberti@web.de

(TMR). Mit beiden Verfahren können positive Effekte im Bereich der Tiergesundheit, der Fruchtbarkeit und der Milchleistung erzielt und gleichzeitig Kosteneinsparungen in der Rationsgestaltung und bei der Futtervorlage realisiert werden (COENEN, 1996).

Auch Betriebe, für die ein kompletter Umstieg auf eine TMR oder zumindest eine Eigenmechanisierung aus verschiedenen Gründen nicht sinnvoll ist, können die Vorteile dieses Fütterungssystems nutzen. Entweder geschieht dies im Rahmen einer Kooperation durch überbetriebliche Fütterung oder aber durch die Verfütterung einer TMR-Vorratssilage (synonym: TMR-Silage, Vorrats-TMR), wobei die gewünschte Ration aus betriebseigenem Grobfutter sowie zugekauften Kraftfutterkomponenten für einen größeren Zeitraum im voraus angemischt und erneut einsiliert wird (THOMSEN 1999; NEUMANN 2000). Im Rahmen der jüngsten Ausbrüche der Maul- und Klauenseuche in Großbritannien, Frankreich und den Niederlanden hat das Interesse an der TMR-Vorratssilage vorübergehend deutlich zugenommen, da die überbetriebliche Fütterung mit einem hohen Hygienierisiko verbunden ist (ROTH 2001).

Bisher wurden nur wenige Versuche zum Gärverlauf in TMR-Vorratssilagen durchgeführt (MAHLKOW-NERGE 2000; KALZENDORF 2000, 2002) und die Ursachen für unterschiedliche Verderberscheinungen in Futterpartien auf Praxisbetrieben (THAYSEN 2000) sind weitgehend ungeklärt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden am Bildungs- und Beratungszentrum der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein in Bredstedt in einem Laborversuch TMR-Vorratssilagen in Weckgläsern erstellt und deren Gärverlauf anhand der pH-Werte und der Verluste in den Silagen über eine Silierdauer von bis zu 4 Wochen untersucht. Die Silagen unterschieden sich im Kraftfutteranteil und anhand der verwendeten Siliermittel. In weiteren Analysen wurde überprüft, inwieweit die zugesetzten Kraftfutterkomponenten im Rahmen der Silierung einem Abbau unterliegen und wie sich die Silagen hinsichtlich ihrer aeroben Stabilität verhalten.

2 Material und Methoden

2. 1 Verwendete Futtermittel und Rationen

Als Grobfuttermittel kamen eine Maissilage und eine Anwelksilage mit hohem Anteil von deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) zum Einsatz. Bei den eingesetzten Kraftfuttermitteln (KF) handelte es sich um Weizen, Körnermais, Raps- und Sojaextraktionsschrot sowie ein Mineralfuttermittel für Rinder. Die KF wurden vor der Verarbeitung gequetscht (Weizen) bzw. durch ein 3 mm Rundlochsieb gemahlen (übrige Kraftfuttermittel). Das Mineralfutter lag in ungepreßter Form vor und wurde ohne weitere Vorbehandlung verwendet. In Tab. 1 sind Rohnährstoffgehalte und Futterwertparameter der Einzelfuttermittel unter Berücksichtigung eigener Analysen, der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer (UNIVERSITÄT HOHENHEIM - DOKUMENTATIONSSTELLE 1997) sowie Untersuchungsergebnissen der LUFA-ITL Kiel zusammengefaßt.

Tab. 1. Inhaltsstoffe der verwendeten Futtermittel^{1,2}

	TM [%]	XA [% d. TM]	XP [% d. TM]	XF [% d. TM]	NEL [MJ / kg TM]
Grassilage	32,7	10,8	18,1	23,4	6,6
Maissilage	34,1	3,6	7,1	20,7	6,7
Weizen	85,2	1,6	12,9	2,9	8,5
Körnermais	86,5	1,5	9,7	2,6	8,4
Sojaextraktionsschrot	84,7	7,5	52,9	6,7	8,6
Rapsextraktionsschrot	87,1	7,9	38,5	13,1	7,3
Mineralfutter	96,8	78,4	2,4	n. a.	n. a.
Melasse	69,6	14,0	13,0	0,0	7,4

¹**Fett:** Ergebnisse eigener Analysen; *kursiv:* Untersuchungsergebnisse LUFA-ITL Kiel; n. a.: nicht analysiert; übrige Werte sind Tabellenwerte (UNIVERSITÄT HOHENHEIM – DOKUMENTATIONSSTELLE 1997) oder berechnete Werte

²% d. TM = % der Trockenmasse; XA = Rohasche; XP = Rohprotein; XF = Rohfaser; NEL = Nettoenergie – Laktation; MJ = Megajoule

Die Gestaltung der angefertigten TMR orientierte sich an praxisüblichen Rationen für hochleistende Milchkühe. Die Mischrationen unterschieden sich im KF-Anteil und wurden mit verschiedenen Siliermitteln behandelt. Der KF-Anteil der Standardration („Kontrolle“) betrug 40 % der TM. Diese Ration hatte eine Energiekonzentration von ca. 7,2 MJ NEL/kg TM. Eine kraftfutterreiche Variante („KF-reich“) enthielt einen gegenüber der Standardration erhöhten KF-Anteil von 60 % der TM und erreichte eine Energiedichte von 7,5 MJ NEL/kg TM. Die Zusammensetzung der TMR mit unterschiedlichem KF-Anteil zeigt Tab. 2.

Tab. 2. Zusammensetzung der Futterrationen¹

Futtermittel	Einheit	Kontrolle	KF-reich
Grassilage	% d. TM	30,6	20,4
Maissilage	% d. TM	29,4	19,5
Weizen	% d. TM	12,0	18,0
Körnermais	% d. TM	12,0	18,0
Sojaextraktionsschrot	% d. TM	7,5	11,3
Rapsextraktionsschrot	% d. TM	7,5	11,3
Mineralfutter	% d. TM	1,0	1,5
Energiekonzentration	MJ NEL/kg TM	7,2	7,5
Rohproteingehalt	% XP in d. TM	17,2	19,5

¹% d. TM = % der Trockenmasse; MJ NEL = Megajoule Nettoenergie – Laktation; XP = Rohprotein

Bei den eingesetzten Impfkulturen handelte es sich um ein Produkt aus homofermentativen Milchsäurebakterien („Bio-Sil“, Firma Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH) und ein Präparat aus homo- und heterofermentativen Kulturen („Bonsilage plus“, Firma Schaumann GmbH). Die Bakterienkulturen wurden in der vom Hersteller empfohlenen Impfdichte appliziert. Über die eingesetzte Melasse waren keine genaueren Spezifikationen bekannt (eigene Analysen s. Tab. 1). Die Applikationsmenge betrug 35 g/kg Siliergut.

Die mit Siliermitteln behandelten Rationen erhielten die Variantenbezeichnungen „MSB I“ („Biosil“), „MSB II“ („Bonsilage plus“), „Melasse“ sowie „MSB I / Melasse“ und „MSB II / Melasse“. Die Siliereignung der Mischrationen wurde nach WEISSBACH (1993) anhand des Z/PK-Quotienten beurteilt.

2. 2 Analysen zum Gärverlauf

Die Versuchsrationen wurden in Weckgläsern mit einem Fassungsvermögen von 0,5 und 1,5 l einsiliert, wobei stets in drei Wiederholungen gearbeitet wurde. Die Mischungen „Kontrolle“ und „KF-reich“ wurden zur Beschreibung des Gärverlaufes

an den Tagen 1, 3, 7, 14, 21 und 28 nach der Anlage des Versuchs beprobt und eingefroren, die mit Siliermitteln behandelten Varianten bei reduziertem Beprobungsaufwand nur an den Tagen 3, 7 und 14. Um trotz abnehmender Probenmenge eine hohe Repräsentativität in der Probenahme sicherzustellen, wurden die Silageproben zur Aufteilung in einem Fleischcutter ca. 3 Minuten lang zerkleinert und homogenisiert.

Für die Messung der pH-Werte wurden 50 g Frischsubstanz (FS) der Silageproben 500 ml destilliertes Wasser zugegeben. Dann wurde dieser Aufguß ca. 3 Stunden stehen gelassen und gelegentlich umgerührt. Anschließend erfolgte direkt im Aufguß die Messung des pH-Wertes mit einer Glaselektrode unter Berücksichtigung der Temperatur des Aufgusses.

Durch Wiegungen bei Ein- und Auslagerung wurde der Substanzverlust ermittelt. Aus der Gewichtsabnahme wurde auf die von HONIG und PAHLOW (1986) beschriebene Art und Weise der TM-Verlust während der Silierung berechnet:

$$\text{TM-Verlust [g TM]} = \text{Gärgasverlust [g]} \times 1,4$$

Die Bestimmung der TM-Gehalte erfolgte durch eine Vortrocknung über ca. 60 Stunden in einer Vakuum-Gefriertrocknung und eine anschließend die Restfeuchte-Bestimmung im Trockenschrank bei 105 °C. Die so ermittelten TM-Gehalte wurden anhand der von WEISSBACH und KUHLE (1995) vorgeschlagenen Formeln korrigiert (Schätzung von Stoffverlusten während der Trocknung in Form der flüchtigen Fraktionen von Gärssäuren, Ammoniak und verschiedenen Alkoholen):

Maissilage:	$\text{TM}_{\text{korrigiert}} = 2,22 + 0,960 \times \text{TM}_{\text{nicht korrigiert}}$
Übrige Silagen:	$\text{TM}_{\text{korrigiert}} = 2,08 + 0,975 \times \text{TM}_{\text{nicht korrigiert}}$

In den Silagen mit einer Lagerdauer von 3, 7, 14, 21 und 28 Tagen wurden wie auch im Ausgangsmaterial die Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten (WLK) nach der von VAN HANDEL (1967) beschriebenen und von MCALLAN (1985) modifizierten Methode kolorimetrisch gegen einen Fructose-Standard bestimmt.

Um den Abbau von Proteinen während des Silierprozesses zu beschreiben, wurde nach einer Proteinfällung mit Natriumwolframat-Dihydrat und anschließender Filtration der Stickstoffgehalt im Filtrationsrückstand bestimmt. Mit dem gewählten Fällungsmittel wurden Proteine und Peptide mit mehr als 3 Aminosäuren erfaßt. Die Durchführung der NPN-Bestimmungen erfolgte gemäß der von LICITRA et al. (1996) beschriebenen Vorgehensweise.

Die übrigen Analysen wurden gemäß den Vorschriften im Methodenbuch des VDLUFA durchgeführt (BASSLER 1976).

2.3 Analysen zur aeroben Stabilität

Die aerobe Stabilität der Silagen wurde anhand der von HONIG (1990) beschriebenen Methode nach einer Silierdauer von 0, 7 und 14 sowie (nur „Kontrolle“ und „KF-reich“) nach 21 und 28 Tagen überprüft. Dabei wurde eine Temperaturdifferenz von >3 °C zur Raumtemperatur (20 °C) als Anzeichen für einen beginnenden Verderb der Probe gewertet. Im Anschluß an diese Nacherwärmungsprobe wurden Silageproben eingefroren. In diesem Probenmaterial wurden ebenfalls nach der beschriebenen Vorgehensweise die pH-Werte bestimmt sowie makroskopische Auffälligkeiten protokolliert, um weitere Hinweise zu den Prozessen in den aerob gelagerten Silagen zu erhalten.

Silageproben mit einer Lagerdauer von 14 und 28 Tagen, die einer Prüfung auf aerobe Stabilität zugeführt werden sollten, wurden ebenso wie die

Ausgangskomponenten (Grassilage, Maissilage, TMR-Vormischung) auf den Besatz mit Hefen und Schimmelpilzen sowie die Gesamtkeimzahl untersucht (LUFA-ITL Kiel) und als koloniebildende Einheiten (KBE)/g FS der Probe errechnet und angegeben.

2. 4 Statistische Auswertung

Unterschiede zwischen den Varianten „Kontrolle“ und „KF-reich“ bzw. zwischen der Variante „Kontrolle“ und den mit Siliermitteln behandelten Varianten in Bezug auf Parameter des Gärverlaufes wurden mittels einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse unter Berücksichtigung von Interaktionen geprüft. Unterschiede zwischen einzelnen Beprobungsterminen innerhalb einer Versuchsvariante sowie zwischen den Varianten bei einer bestimmten Lagerdauer wurden mit Hilfe multipler Mittelwertvergleiche (TUKEY-Test) nachgewiesen. Signifikante Mittelwertdifferenzen sind, soweit nicht anders angegeben, mit einer Wahrscheinlichkeit für einen Fehler 1. Art von $p \leq 0,01$ behaftet.

3 Ergebnisse

3.1 Siliereignung der Mischrationen

Fermentationssubstrate für die Umsilierung der erstellten Mischrationen wurden durch die eingesetzten Kraftfuttermittel und in großer Menge durch das Siliermittel Melasse geliefert, wohingegen die Restzuckergehalte der Silagen sehr gering waren ($< 0,5$ % der Trockenmasse). Tabelle 3 faßt die Gehalte an WLK, die Pufferkapazitäten und die daraus resultierenden Z/PK-Quotienten in den Versuchsvarianten zusammen.

Tab. 3 Verhältnis von wasserlöslichen Kohlenhydraten (WLK) zur Pufferkapazität in den Versuchsrationen (Z/PK-Quotient)

	WLK [g/kg TM]	Pufferkapazität [g Milchsäure/kg TM]	Z/PK- Quotient
Kontrolle	55,8	37,4	1,5
KF-reich	76,3	47,5	1,6
MSB I	55,8	39,2	1,4
MSB II	53,2	40,2	1,3
Melasse	110,1	43,4	2,5
Melasse/MSB I	108,6	43,2	2,5
Melasse/MSB II	105,5	41,5	2,5

3.2 Analysen zum Gärverlauf

3.2.1 Trockenmasseverluste

Bei bis zu 4-wöchiger Silierung wurden die höchsten TM-Verluste in der Variante „KF-reich“ gemessen. Mit 2,9 % TM-Verlusten konnten in der Variante „KF-reich“ signifikant höhere Werte gemessen werden als in der „Kontrolle“ mit bis zu 1,7 %. Wurde die Kontrollration mit MSB beimpft, so waren die TM-Verluste stets gegenüber der „Kontrolle“ verringert. Die Unterschiede dieser beiden Varianten von der Kontrollration waren jedoch lediglich für die Variante „MSB II“ nach 14-tägiger Silierung in der Tendenz ($p = 0,06$) nachweisbar. Wurde Melasse als Siliermittel eingesetzt, so waren die TM-Verluste gegenüber der „Kontrolle“ nach 14-tägiger Lagerung stets leicht erhöht. Diese Unterschiede waren jedoch nicht signifikant. Tab. 4 faßt die TM-Verluste in den Proben nach einer Lagerung über 3, 7, 14, 21 und 28 Tage zusammen.

Tab. 4. Trockenmasse-Verluste [%] in Abhängigkeit von der Silierdauer¹

Variante	Silierdauer [Tage]				
	3	7	14	21	28
Kontrolle	0,6 (0,2)	1,3 (0,1)	1,7 (0,2)	1,1 (0,3)	1,2 (0,1)
KF-reich	0,2 (0,1)	1,4 (0,2)	1,7 (0,4)	2,5 (0,4)	2,9 (0,2)
MSB I	0,4 (0,1)	1,0 (0,2)	1,5 (0,3)	n. d.	n. d.
MSB II	0,0 (0,1)	0,5 (0,1)	1,1 (0,1)	n. d.	n. d.
Melasse	0,3 (0,2)	1,0 (0,3)	2,3 (0,5)	n. d.	n. d.
Melasse/MSB I	0,5 (0,2)	1,7 (0,3)	2,2 (0,1)	n. d.	n. d.
Melasse/MSB II	0,3 (0,1)	1,6 (0,2)	2,1 (0,1)	n. d.	n. d.

¹In Klammern ist jeweils die Standardabweichung für die Beobachtungen angegeben (n = 3); n. d. = nicht durchgeführt

3.2.2 Verlauf der pH-Werte

Zum Zeitpunkt der Einlagerung unterschieden sich die pH-Werte der Mischrationen aufgrund der unterschiedlichen pH-Werte der Einzelfuttermittel. Sowohl ein höherer KF-Anteil als auch die Melasse als Siliermittel bewirkten eine Anhebung der pH-Werte gegenüber der Kontrollration. Zu Beginn der Silierung stieg der pH-Wert zunächst an und erreichte im Laufe der ersten Woche einen Maximalwert. Im weiteren Silierverlauf konnte in allen Versuchssilagen ein Abfall des pH-Wertes mit zunehmender Lagerungsdauer beobachtet werden. Nach einer Lagerdauer von 14 Tagen erreichte die unbehandelte Variante „Kontrolle“ im Durchschnitt über die drei Wiederholungen einen pH-Wert von 4,25. Zu diesem Zeitpunkt unterschied sich die Variante „KF-reich“ bei einem pH-Wert von 4,38 eindeutig ($p < 0,001$) von der Standardration. Die mit MSB behandelten Varianten erreichten nach 14-tägiger Silierung mit pH 4,36 („MSB I“) bzw. 4,30 („MSB II“) Werte, die oberhalb der „Kontrolle“ lagen. Dieser Unterschied war signifikant für die Variante „MSB I“. Wurde Melasse als Siliermittel eingesetzt, so wurden nach 14-tägiger Silierung durchweg pH-Werte erreicht, die den Wert der „Kontrolle“ unterschritten. Diese Unterschiede waren aber nicht abzusichern. Die Unterschiede im Säuerungsgrad zwischen der „Kontrolle“ und den KF-reichen TMR-Vorratssilagen waren auch noch nach einer Lagerungsdauer von 21 und 28 Tagen signifikant. Die Variante „KF-reich“ erreichte einen Endwert von pH 4,27, während die „Kontrolle“ nach 28 Tagen einen pH-Wert von 4,11 aufwies. Tab. 5 faßt die Verläufe der pH-Werte in den Proben bei einer Silierung über 1, 3, 7, 14, 21 und 28 Tage zusammen.

Tab. 5. pH-Werte in Abhängigkeit von der Silierdauer¹

Variante	Silierdauer [Tage]					
	1	3	7	14	21	28
Kontrolle	4,30 (0,03)	4,31 (0,04)	4,40 (0,01)	4,25 (0,02)	4,16 (0,03)	4,11 (0,02)
KF-reich	4,80 (0,02)	4,79 (0,04)	4,77 (0,01)	4,38 (0,03)	4,31 (0,03)	4,27 (0,01)
MSB I	n. d.	4,54 (0,04)	4,51 (0,01)	4,36 (0,03)	n. d.	n. d.
MSB II	n. d.	4,54 (0,02)	4,51 (0,02)	4,30 (0,03)	n. d.	n. d.
Melasse	n. d.	4,59 (0,02)	4,50 (0,02)	4,21 (0,05)	n. d.	n. d.
Melasse/MSB I	n. d.	4,60 (0,00)	4,54 (0,01)	4,24 (0,01)	n. d.	n. d.
Melasse/MSB II	n. d.	4,57 (0,02)	4,53 (0,01)	4,21 (0,02)	n. d.	n. d.

¹In Klammern ist jeweils die Standardabweichung für die Beobachtungen angegeben (n = 3); n. d. = nicht durchgeführt

3.2.3 Wasserlösliche Kohlenhydrate (WLK)

Dem pH-Abfall in den Silagen entsprechend wurde auch ein Rückgang der Gehalte an WLK beobachtet. Sowohl eine Steigerung des KF-Gehaltes in der TMR als auch eine Zulage von Melasse als Siliermittel war mit höheren Ausgangsgehalten an WLK in den Mischrationen verbunden. Ausgehend von 56 g WLK/kg TM konnten nach 3, 7

und 14 Tagen Lagerdauer in der Kontrollration noch 21 g, 18 g bzw. 8 g WLK/kg TM nachgewiesen werden. In der Variante „KF-reich“ fiel der Gehalt an WLK von anfangs 76 g WLK/kg TM über 65 g und 38 g auf 12 g WLK/kg TM ab. Die TMR-Vorratssilagen „Kontrolle“ und „KF-reich“ unterschieden sich bezüglich der WLK-Gehalte nach 3 bzw. 7 Tagen Silierdauer signifikant. Bei länger andauernder Silierung glichen sich die Werte jedoch an, so daß zum Ende der 4-wöchigen Lagerung identische Gehalte an WLK erreicht wurden (6 g/kg TM). In den Silagen, die mit Siliermitteln behandelt worden waren, verlief der Abfall der WLK-Gehalte zu Silierbeginn weniger schnell. Bei den Varianten „MSB I“ und „MSB II“ sowie „Melasse/MSB I“ konnte eine nahezu lineare Abnahme der WLK-Gehalte beobachtet werden. Bei den Varianten „Melasse“ und „Melasse/MSB II“ setzte der Rückgang der WLK verzögert ein. Nach 3 Tagen Silierung waren die Gehalte an WLK kaum verändert, danach gingen sie linear auf 15 g („Melasse“) bzw. 16 g WLK/kg TM („Melasse/MSB II“) zurück. In Tab. 6 sind die Verläufe der WLK-Gehalte für die einzelnen Varianten zusammenfassend dargestellt.

Tab. 6. Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten [g/kg TM] in Abhängigkeit von der Silierdauer¹

Variante	Silierdauer [Tage]									
	3		7		14		21		28	
Kontrolle	21	(2)	18	(0)	8	(1)	9	(0)	6	(1)
KF-reich	65	(11)	38	(2)	12	(1)	11	(0)	6	(0)
MSB I	47	(6)	29	(5)	10	(1)	n. d.		n. d.	
MSB II	50	(3)	39	(4)	12	(1)	n. d.		n. d.	
Melasse	107	(9)	71	(7)	16	(3)	n. d.		n. d.	
Melasse/MSB I	84	(9)	53	(4)	12	(1)	n. d.		n. d.	
Melasse/MSB II	116	(13)	61	(5)	16	(1)	n. d.		n. d.	

¹In Klammern ist jeweils die Standardabweichung für die Beobachtungen angegeben (n = 3); n. d. = nicht durchgeführt

3.2.4 Nicht-Protein-Stickstoff-Verbindungen (NPN)

Die verwendeten Einzelfuttermittel unterschieden sich bezüglich des Anteils von NPN-Verbindungen am gemessenen Rohprotein teilweise erheblich und erklären die unterschiedlichen NPN-Anteile in den Versuchsvarianten zu Silierbeginn. Insbesondere die eingesetzten Silagen und auch die Melasse wiesen hohe Anteile an NPN-Verbindungen auf. In den Varianten „KF-reich“ und „Kontrolle“ wurde ein leichter Anstieg der NPN-Verbindungen im Verlauf der Silierung beobachtet. In der Variante „KF-reich“ unterschieden sich die Anteile der NPN-Verbindungen am Gesamt-Stickstoffgehalt zu Beginn und am Ende der Silierung signifikant ($p \leq 0,05$), in der Variante „Kontrolle“ war der gemessene Anstieg dagegen nicht abzusichern ($p = 0,71$). Ein Anstieg der NPN-Verbindungen konnte bei den Siliermittelvarianten nur vereinzelt wiedergefunden werden. Die Unterschiede zur Standardration waren jedoch durchweg nicht signifikant. Die Mittelwerte der NPN-Gehalte für die Rationen „Kontrolle“, „KF-reich“ sowie für die mit Siliermitteln behandelten Varianten in Abhängigkeit von der Lagerdauer sind in Tab. 7 zusammen gefasst.

Tab. 7. Anteil [%] der Nicht-Protein-Stickstoff-Verbindungen am Gesamt-Stickstoffgehalt der TMR-Silagen in Abhängigkeit von der Silierdauer¹

Variante	Silierdauer [Tage]				
	3	7	14	21	28
Kontrolle	41,2 (2,5)	40,2 (0,8)	43,3 (2,9)	42,6 (1,2)	43,7 (1,3)
KF-reich	25,6 (1,8)	26,2 (1,9)	28,5 (1,0)	29,5 (1,2)	30,5 (1,1)
MSB I	n. a.	42,0 (1,5)	39,4 (3,2)	n. d.	n. d.
MSB II	n. a.	43,4 (0,9)	42,9 (1,8)	n. d.	n. d.
Melasse	n. a.	45,5 (0,5)	45,1 (0,7)	n. d.	n. d.
Melasse/MSB I	n. a.	44,3 (1,6)	45,6 (1,0)	n. d.	n. d.
Melasse/MSB II	n. a.	45,1 (0,5)	45,9 (1,3)	n. d.	n. d.

¹In Klammern ist jeweils die Standardabweichung für die Beobachtungen angegeben (n = 3); n. d. = nicht durchgeführt; n. a. = nicht analysiert

3.2.5 Sensorische Bewertung der erzeugten TMR-Vorratssilagen

Die sensorische Bewertung der TMR-Silagen in der vorliegenden Arbeit genügte nicht den Bedingungen, die an eine objektive Sinnesprüfung gestellt werden (VON LEMBERKEN UND ZIMMERMANN 1991). Dennoch muß auf zahlreiche Beobachtungen bezüglich des Auftretens unerwünschter Fermentationsprodukte in den erzeugten Silagen hingewiesen werden. Erhöhte Gehalte an Essigsäure wurden wahrgenommen und in einem großen Teil der Proben ein lösungsmittelähnlicher Geruch („Aceton“). Einige Proben wiesen Symptome eines einsetzenden Eiweiß-Abbaus auf.

3.3 Analysen zur aeroben Stabilität

Sowohl die verwendeten Grobfuttermittel (Maissilage, Grassilage) als auch die verschiedenen, unsilierten Versuchs-TMR wurden zu Versuchsbeginn auf ihre aerobe Stabilität untersucht. Für die verwendete Maissilage wurde nach 7 Tagen aerober Lagerung ein TM-Verlust von 12,4 % geschätzt, während die Grassilage innerhalb der Prüfperiode keine nachweisbaren TM-Verluste aufwies.

Für die unsilierten TMR konnten signifikante Unterschiede in Bezug auf die TM-Verluste nachgewiesen werden. Die Variante „Kontrolle“ zeigte mit 6,3 % die höchsten Verluste bei aerober Lagerung. Damit unterschied sich die Standardration signifikant von der TMR „KF-reich“ (0,7 % TM-Verlust) und den Varianten „Melasse“, „Melasse/MSB I“ und „Melasse/MSB II“ (0,0 %, 0,4 % und 0,3 % TM-Verlust). Die Varianten „MSB I“ und „MSB II“ erlitten als unsilierte TMR TM-Verluste in Höhe von 5,8 % und 4,9 %. Sie unterschieden sich damit ebenfalls signifikant von den TMR mit Melassezusatz ($p < 0,05$), nicht aber von der Ration „Kontrolle“.

Mit zunehmender Silierdauer der Vorratssilagen aus den TMR nahm deren aerobe Stabilität zu. Bereits nach einer Silierdauer von 7 Tagen gingen die TM-Verluste in den aerob gelagerten Silagen deutlich zurück. Für die Varianten „Kontrolle“, „MSB I“ und „Melasse/MSB II“ wurden hier noch Verluste in Höhe von 0,5 %, 2,6 % und 0,2 % geschätzt. Diese Werte waren in keinem Fall von null eindeutig verschieden ($p \geq 0,23$). Die Variante „KF-reich“ zeigte nach 14-tägiger Silierung in der Probe auf aerobe Stabilität noch einmal Erwärmungserscheinungen, aus denen ein TM-Verlust $< 1,0$ % geschätzt wurde. Auch dieser Wert wich aber von null nicht eindeutig ab ($p = 0,74$). Die geschätzten TM-Verluste bei aerober Lagerung sind in Abhängigkeit von der vorhergehenden Silierdauer in Tab. 8 zusammengefaßt.

Tab. 8. Trockenmasse-Verluste [%] der TMR-Vorratssilagen bei aerober Lagerung über 7 Tage in Abhängigkeit von der vorherigen Silierdauer¹

Variante	Silierdauer [Tage]				
	0	7	14	21	28
Kontrolle	6,3 (0,7)	0,5 (0,2)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
KF-reich	0,7 (0,5)	0,0 (0,0)	0,7 (1,2)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
MSB I	5,8 (0,7)	2,6 (4,0)	0,0 (0,0)	n. d.	n. d.
MSB II	4,9 (0,2)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	n. d.	n. d.
Melasse	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	n. d.	n. d.
Melasse/MSB I	0,4 (0,1)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	n. d.	n. d.
Melasse/MSB II	0,3 (0,1)	0,2 (0,1)	0,0 (0,0)	n. d.	n. d.

¹In Klammern ist jeweils die Standardabweichung für die Beobachtungen angegeben (im Falle einer Silierdauer von 0 Tagen ist bei den Varianten mit Siliermittelbehandlung n=2; für die übrigen Angaben gilt stets n = 3); n. d. = nicht durchgeführt

Die am Ende der 7-tägigen Prüfung gemessenen pH-Werte waren mit den geschätzten TM-Verlusten in den Proben positiv korreliert ($r = 0,98$). In Proben mit einem hohen TM-Verlust wurden also deutlich höhere pH-Werte gemessen als in Proben, die keine oder nur geringe TM-Verluste während der aeroben Lagerung erfuhren. Proben, die nach 7-tägiger aerober Lagerung pH-Werte von über 7,0 erreichten, zeigten bräunliche Verfärbungen und rochen intensiv nach Ammoniak oder sogar fäkalartig. In Tab. 9 sind die pH-Werte der geprüften TMR-Silagen in Abhängigkeit von der vorherigen Silierdauer zusammengefaßt.

Tab. 9. pH-Werte der TMR-Silagen nach 7-tägiger aerober Lagerung in Abhängigkeit von der vorherigen Silierdauer¹

Variante	Silierdauer [Tage]				
	0	7	14	21	28
Kontrolle	8,83 (0,16)	4,59 (0,21)	4,32 (0,05)	4,25 (0,02)	4,23 (0,05)
KF-reich	5,16 (0,06)	4,54 (0,07)	5,57 (1,84)	4,39 (0,05)	4,43 (0,08)
MSB I	8,57 (0,32)	6,15 (2,55)	4,33 (0,04)	n. d.	n. d.
MSB II	8,64 (0,17)	4,47 (0,04)	4,31 (0,02)	n. d.	n. d.
Melasse	4,53 (0,08)	4,49 (0,01)	4,23 (0,06)	n. d.	n. d.
Melasse/MSB I	4,61 (0,12)	4,41 (0,03)	4,31 (0,02)	n. d.	n. d.
Melasse/MSB II	4,56 (0,02)	4,37 (0,04)	4,35 (0,08)	n. d.	n. d.

¹In Klammern ist jeweils die Standardabweichung für die Beobachtungen angegeben (n = 3); n. d. = nicht durchgeführt

3.4 Keimbesatz der TMR-Vorratssilagen und aerobe Stabilität

Die Gesamtkeimzahl in den TMR-Vorratssilagen wurde durch den Silierprozeß nicht signifikant beeinflusst. Der Besatz mit Schimmelpilzen wurde durch eine 4wöchige Silierung in allen untersuchten Proben soweit reduziert, daß in keiner der untersuchten Proben Werte oberhalb der Nachweisgrenze von 1000 KBE/g gemessen werden konnten. Wurden die TMR-Silagen nur 14 Tage lang gelagert, so konnte in einem Fall noch ein Befall mit 1800 KBE/g festgestellt werden (Variante „Melasse“). Bei der betroffenen Probe konnte kein TM-Verlust während der Prüfung auf aerobe Stabilität festgestellt werden. Hefen konnten nach 14-tägiger Silierung in allen Vorratssilagen gefunden werden. In der Variante „KF-reich“ konnte sogar ein Anstieg des Hefebesatzes festgestellt werden, der aber nicht abzusichern war ($p = 0,11$). In allen anderen Varianten war der Hefenbesatz gegenüber dem Ausgangsgehalt signifikant reduziert. Nach einer 4-wöchigen Silierung war der Besatz an Hefen sowohl in der „Kontrolle“ als auch in der Ration „KF-reich“ unter die Nachweisgrenze (1000 KBE/g) zurückgegangen. Ein direkter Zusammenhang zwischen dem Besatz mit Hefen und dem TM-Verlust der Silagen während der Probe

auf Nacherwärmung konnte nicht nachgewiesen werden, da nach 14-tägiger Silierung nur die Variante „KF-reich“ und diese in nur einer Wiederholung einen TM-Verlust erfuhr. Dabei handelte es sich aber um diejenige Probe, in der eine Erhöhung des Hefenbesatzes gegenüber dem Ausgangsmaterial festgestellt worden war.

4 Diskussion

Ergebnisse aus früheren Versuchen zum Gärverlauf von TMR-Vorratssilagen liegen nur in begrenztem Umfang vor (THOMSEN 1999; MAHLKOW-NERGE et al. 2000; NEUMANN 2000; NUSSBAUM 2000; KALZENDORF 2000, 2002). Mehrere Autoren haben sich jedoch mit der gemeinsamen Silierung von Grobfuttermitteln und verschiedensten Kraftfuttermitteln bzw. Zuschlägen beschäftigt. Dabei handelt es sich aber durchweg um Versuche, in denen die Futtermittel oder Mischrationen im Rahmen einer Mischsilierung, nicht im Rahmen einer Umsilierung, konserviert wurden. Ein entscheidender Unterschied besteht in den meisten Fällen darin, daß die beteiligten Grobfuttermittel bei TMR-Silagen kaum noch vergärbare Kohlenhydrate, statt dessen aber bereits unterschiedliche Anteile an Fermentationsprodukten enthalten. Dennoch sind Untersuchungen zur Mischsilierung in diesem Zusammenhang von Interesse, da einige Fragestellungen beider Verfahren (Mischsilierung und Umsilierung) sich ähneln.

4.1 Bewertung des Silierverlaufes

4.1.1 pH-Werte und Gärqualität

Die im Versuch verwendeten TMR wiesen TM-Gehalte und Z/PK-Quotienten auf, bei denen für herkömmliche Silagen aus Grobfuttermitteln bei pH-Werten von unter 4,80 („Kontrolle“ und alle Siliermittelvarianten) bzw. 5,00 („KF-reich“) mit einem Silierverlauf ohne die Bildung von Buttersäure zu rechnen gewesen wäre (WEISSBACH 1993). Diese Werte wurden zu keinem Beprobungstermin überschritten. Das niedrige Niveau der pH-Werte insgesamt und der festgestellte pH-Abfall in den TMR-Silagen weisen bei geringen Restzuckergehalten auf einen erneuten Siliervorgang hin und auch die geringen TM-Verluste lassen eine gute Gärqualität der erzeugten Silagen vermuten.

Dennoch müssen anhand der sensorischen Bewertung in einer größeren Zahl von Proben unerwünschte Fermentationsprodukte vermutet werden. Die Unterschiede im TM-Gehalt der eingesetzten Futtermittel liefern einen Erklärungsansatz für diese Beobachtung. SPÖRNDLY (1986) betont bei der Erläuterung von Versuchen zur gemeinsamen Silierung von nicht angewelktem Gras und gemahlenem Hafer, daß bei der Beschreibung von Siliervorgängen gedanklich zwischen der „festen“ und der „flüssigen“ Phase des Siliergutes zu unterscheiden ist. Zugesezte Komponenten mit hohem TM-Gehalt stellen nach Ansicht des Autors nicht selbst ein Problem für die Konservierung dar, sondern nur durch die Folgen ihres Einsatzes für die Verhältnisse in der „flüssigen“ Phase, in der die mikrobiellen Prozesse stattfinden und reguliert werden. WINTERS et al. (1987) beschreiben mikroskopische Veränderungen an Gräserzellen während der Silierung. Die Autoren vermuten, daß die Schädigung und der Abbau von Zellorganellen, die dadurch bedingte Freigabe von Fermentationssubstraten und nachfolgende Ansäuerung des Futters einen Kreislauf bilden. Es wäre denkbar, daß solche Prozesse bei Futtermitteln mit hohem TM-Gehalt (zugesezte KF-Komponenten) verlangsamt ablaufen und dadurch an Grenzflächen zwischen flüssiger und fester Phase des Siliergutes auch über einen längeren Zeitraum hinweg das Wachstum von Keimen möglich ist, deren Aktivität durch die Absenkung der pH-Werte in der flüssigen Phase bereits stark reduziert sein müßte. Insbesondere die eingesetzten Extraktionsschrote wiesen hohe Gehalte puffernder

Substanzen und hohe Gehalte an WLK bei gleichzeitig geringen Protonenkonzentrationen auf, so daß in der Nähe dieser KF-Partikel auch über eine längere Zeitspanne hinweg ein nur leicht saures Milieu vorgeherrscht haben könnte. Dies wird umso wahrscheinlicher, wenn man sich vor Augen führt, daß die pH-Werte in einem Aufguß aus den TMR-Silagen gemessen wurden, während die Beweglichkeit von Wasser in der wahren Futterprobe bei TM-Gehalten von über 40 % bereits deutlich eingeschränkt sein dürfte. In Bezug auf das wahrgenommene „Aceton“ sei auf FRITSCH (1990) verwiesen. Danach sind Clostridien in der Lage, aus Acetacetyl-CoA (aus dem Embden-Meyerhof-Parnas-Weg, anschließender Decarboxylierung des Pyruvats und Kondensation von zwei Molekülen Acetyl-CoA) durch eine Umstellung des Stoffwechsels Butanol, Aceton und schließlich auch 2-Propanol anstelle von Buttersäure zu bilden, wenn der pH-Wert auf Werte von unter 5,0 abfällt.

4.1.2 Einfluß des Krafftutteranteils

Die Anhebung des KF-Gehaltes führte zu einer Anhebung des TM-Gehaltes sowie des pH-Wertes und zu einem vermehrten Angebot an WLK zu Beginn der Lagerung. Bei gleichzeitiger Zunahme der Pufferkapazität wurde der Z/PK-Quotient der Mischung aber nur geringfügig angehoben. Die am Ende der Lagerung erreichten pH-Werte liegen für eine Silage mit diesem TM-Gehalt ungewöhnlich niedrig. Dies gilt auch für die anderen Varianten. SPÖRNDLY (1986) erklärt diese Beobachtung mit der Differenz zwischen den TM-Gehalten von Grobfuttermitteln und KF-Komponente. Der Autor geht davon aus, daß die Wasseraktivität (a_w – Wert) in der Mischsilage nicht so stark abfällt, wie in einer Anwelksilage mit gleichem TM-Gehalt. Das mikrobielle Wachstum würde somit bei einem tieferen pH-Wert begrenzt als in einer ähnlich trockenen Anwelksilage.

4.1.3 Einfluß des Siliermitteleinsatzes

Melasse als Siliermittel erhöhte das Angebot an schnell verfügbaren Fermentationssubstraten erheblich und wirkte sich auch auf den Z/PK-Quotienten des Futters deutlicher aus als eine Steigerung des KF-Gehaltes. Diese Varianten zeigten in der Tendenz auch tiefere pH-Werte gegen Ende der Lagerung als die Variante „Kontrolle“. Der positive Effekt von Melasse auf den Silierprozeß bei begrenztem Angebot von WLK oder hoher Pufferkapazität des Siliergutes wurde bereits beschrieben (PETERSSON 1988; LÄTTEMÄE 1997; PIEPER 1999). Warum der pH-Wert-Anstieg zu Beginn der Silierung in der Variante „Kontrolle“ hinter allen Siliermittelvarianten zurückbleibt, kann jedoch nicht zufriedenstellend erklärt werden. Wird lediglich Melasse als Siliermittel eingesetzt, so könnte das höhere Angebot an schnell verfügbaren WLK (diese benetzen die Oberfläche sowohl der Grobfuttermittel als auch der KF) intensivere Umsetzungen zu Beginn der Silierung nach sich gezogen haben. Allerdings führt der alleinige Einsatz von geeigneten Mikroorganismen zum gleichen Effekt, denn auch hier wird das pH-Maximum zu Beginn schneller erreicht. Diese Beobachtung würde wiederum die Annahme nahe legen, der Besatz mit angepaßten und aktiven Keimen könnte unzureichend sein. Vorstellbare additive Effekte beim Einsatz von Siliermittelkombinationen lassen sich nur gegen Ende der 14-tägigen Lagerdauer absichern, nicht jedoch zu Beginn der Silierung, auch wenn sie in der Tendenz anhand der pH-Wert-Verläufe erkennbar werden. Beim Einsatz von MSB war der TM-Verlust etwas geringer als bei der Variante „Kontrolle“. Dieser Unterschied könnte auf eine Begünstigung der gewünschten Silierprozesse zurückzuführen sein, er war jedoch nicht signifikant.

4.2 Bewertung der aeroben Stabilität

SPOELSTRA (1993) faßt die Ursachen für einen Verderb von Silagen nach dem Öffnen eines Silos zusammen. Eine unzureichende pH-Absenkung, ein Überdauern von Hefen im Futter sowie höhere Rest-Gehalte an WLK sind wesentliche Ursachen für raschen Verderb nach der Auslagerung. Bei den erzeugten TMR-Vorratssilagen wurden die WLK nahezu vollständig im Rahmen der Silierprozesse verbraucht. Die Grundlage für aerobe Umsetzungen in den geprüften Futterproben müssen daher andere Verbindungen bilden. In vielen instabilen Proben deutet sich vor allem ein massiver Abbau von stickstoffhaltigen Verbindungen an. Sowohl die makroskopischen Veränderungen an den entsprechenden Futterproben, als auch die gemessenen pH-Werte führen zu dieser Interpretation. Es ist anzunehmen, daß Ammoniak aus der Desaminierung von Aminosäuren bei gleichzeitigem Abbau oder der Neutralisierung von Gärsäuren zu den beobachteten, teilweise deutlich im basischen Bereich liegenden pH-Werten geführt hat.

In der Variante „KF-reich“ zog die Vermehrung der Hefen von der Einlagerung bis zur Auslagerung nach 14-tägiger Silierung in einem Fall deutliche Verderberscheinungen bei aerober Lagerung nach sich.

Der Einfluß von Siliermitteln war deutlich. Während die alleinige Verwendung von MSB hier keinen Effekt zu haben schien, war die Anhebung des KF-Gehaltes und insbesondere der Einsatz von Melasse von Anfang an mit stabileren Silagen verbunden. Eine Reduktion des a_w -Wertes im Futter könnte diese Beobachtungen erklären (DAVENPORT 1980). Auch LÄTTEMÄE (1997) vermutete, daß durch den Einsatz von Melasse die Aktivität von Hefen und Schimmelpilzen reduziert wird. Die gefundenen pH-Werte und TM-Verluste unterstützen die Annahme, daß höhere Essigsäuregehalte bei Einsatz heterofermentativer Kulturen („MSB II“) die Stabilität verbessern können (ROUEL und WYSS 1994).

4.3 Schlußbetrachtung

Die Verläufe von pH-Werten, WLK und NPN-Verbindungen über den Gärverlauf ließen bei allen Versuchsvarianten auf eine erneute Silierung unter Erzeugung von Futterproben mit positiven Gäreigenschaften schließen.

Die aerobe Stabilität der erzeugten TMR-Vorratssilagen war nach spätestens 3-wöchiger Lagerung für die Dauer von 7 Tagen gegeben. Insgesamt wird eine mindestens 14-tägige anaerobe Lagerung empfohlen, um das Risiko einer Nacherwärmung zu begrenzen. Werden Silagen mit hohem initialen Besatz an Hefen als Grobfuttermittel eingesetzt, so kann vermutlich erst nach 4-wöchiger Silierung mit deren ausreichender Deaktivierung gerechnet werden.

Der Einsatz von homo- oder heterofermentativen Milchsäurebakterien als alleiniges Siliermittel konnte keine eindeutige Verbesserung des Gärverlaufes leisten. Der Einsatz von Melasse wird sowohl vor dem Hintergrund relativ geringer Z/PK-Quotienten im unbehandelten Ausgangsmaterial als auch zur Verbesserung der aeroben Stabilität bei doch recht kurzer Silierdauer der TMR-Silagen als empfehlenswert angesehen.

Den positiven Ergebnissen der bisher durchgeführten Analysen stehen verschiedene Beobachtungen aus der sensorischen Bewertung der ausgelagerten Silagen gegenüber, die einen weiteren Klärungsbedarf nach sich ziehen.

Diese Verbindungen könnten durch Reaktionen in kleinräumigen Bereichen in der Nähe von KF-Partikeln mit hoher Pufferkapazität entstehen (SPÖRNDLY 1986; WINTERS et al. 1987; FRITSCH 1990). Ob der Einsatz von Siliermitteln das Auftreten dieser unerwünschter Verbindungen begrenzen konnte, wurde nicht untersucht.

Einer breiteren Anwendung des Verfahrens Vorrats-TMR stehen trotz vieler Hinweise auf eine erfolgreiche Silierung offene Fragen entgegen. Nachdem eine frühere Studie

bei einer Steigerung der Futterkosten je kg Milch die Wirtschaftlichkeit der TMR-Silage in Frage gestellt hat (OLDEMEINEN und ENGLING 2000), bleibt zum aktuellen Zeitpunkt der eigenen Untersuchungen weiterer Klärungsbedarf hinsichtlich des Verständnisses von Gärprozessen in TMR-Silagen bestehen. Ausblickend muß derzeit festgestellt werden, daß bei einem weiterhin ungebremstem Strukturwandel in der Milchproduktion vor dem Hintergrund eines nur im Einzelfall vertretbaren hohen Aufwandes bei der Umsilierung und bei letztlich fraglichem Erfolg bezüglich der Silagequalitäten und der tierischen Leistung für das Verfahren TMR-Vorratssilage keine allgemeine Empfehlung ausgesprochen werden kann.

5 Literatur

- BASSLER, R. (Hrsg.) (1976) Die chemische Untersuchung von Futtermitteln - Methodenbuch Bd. 3, mit 1. bis 4. Ergänzungslieferung (1983, 1988, 1993, 1997), VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- COENEN, M. (1996) Mischration, total mixed ration – Eine Fütterungstechnik aus tierärztlicher Sicht. Übers. Tierernährg. **24**, 118-128
- DAVENPORT, R. R. (1980) An introduction to yeasts and yeast-like organisms. In: SKINNER, F. A.; PASSMORE, S. M.; DAVENPORT, R. R. (Hrsg.) Biology and Activities of Yeasts. Society for Applied Bacteriology Symposium Series No. 9, Academic Press, New York, 1-27
- DLG (2001) Empfehlungen zum Einsatz von Mischrationen bei Milchkühen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- FRITSCH, W. (1990) Mikrobiologie. Gustav Fischer Verlag, Jena
- HONIG, H. (1990) Evaluation of aerobic stability. Proceedings of the Eurobac Conference 1986. Grass and Forage Reports, Uppsala, **3**, 76-82
- HONIG, H.; PAHLOW, G. (1986) Wirkungsweise und Einsatzgrenzen von Silage-Impfkulturen aus Milchsäurebakterien - 2. Mitteilung: Wirkung von Anwelkgrad, Felddauer und Zuckerzusatz auf das Konservierungsergebnis bei Gras. Wirtschaftseig. Futter **32**, 205-228
- KALZENDORF, C. (2000) Vorrats-TMR: Erst rechnen – dann silieren. Landwirtschaftsblatt Weser-Ems **147 : 13**, 29-30
- KALZENDORF, C. (2002) TMR-Vorratssilage – Vorteile und Risiken. 8. Alpenländisches Expertenforum, BAL Gumpenstein, 47-49
- LÄTTEMÄE, P. (1997) Ensiling and evaluation of forage crops – effects of harvesting strategy and use of additives to fresh-cut and wilted crops. Dissertation Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; SOEST, P. J. VAN (1996) Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Anim. Feed Sci. Technol. **57**, 347-358
- MAHLKOW-NERGE, K.; WILKENS, K.; WILKENS, H. (2000) TMR-Silage im TRIO bearbeitet und vorgestellt. Bauernblatt Schleswig-Holstein und Hamburg **54/150 : 51**, 85-89
- MCALLAN, A. B. (1985) Analysis of carbohydrate in the alimentary tract and its nutritional significance. In: BIRCH, G. G. (Hrsg.) Analysis of Food Carbohydrate. Elsevier Applied Science Publishers, London, 269-297
- NEUMANN, H. (2000) TMR auf Vorrat mischen? Top Agrar **28 : 4**, R4-R7
- NUSSBAUM, H. (2000) Vorrats-TMR eignet sich nicht für jeden Betrieb. BW agrar **167 : 32**, 20-21
- OLDEMEINEN, G.; ENGLING, F.-P. (2000) Vorrats-TMR: Die Futterkosten sind höher. Landwirtschaftsblatt Weser-Ems **147 : 13**, 31-33

- PETTERSSON, K. (1988) Ensiling of forages – factors affecting silage fermentation and quality. Dissertation Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala
- PIEPER, B. (1999) Erzeugung von Qualitätssilage für die Fütterung von Hochleistungskühen. In: PIEPER, B.; POPPE, S. (Hrsg.) Tagungsbericht der Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH über das 3. Symposium zu Fragen der Fütterung und des Managements von Hochleistungskühen am 13. 1. 1999 in Neuruppin, 106-129
- ROTH, E. (2001) Die Maul- und Klauenseuche und die Angst vor der Ansteckung. Bauernblatt Schleswig-Holstein und Hamburg **55/151 : 11**, 83-85
- ROUEL, M.; WYSS, U. (1994) Aerobe Stabilität von Maissilagen. Agrarforschung **1**, 393-396
- SPOELSTRA, S. F. (1993) Chemische und biologische Siliermittel für die Futterkonservierung. Übers. Tierernährg. **21**, 87-116
- SPÖRNDLY, R. (1986) Ensiling of blended grass and grain and its utilization by dairy cows. Sveriges Lantbruksuniversitet **155**, 1-22
- THAYSEN, J. (2000) Hinweise auf das Vorliegen verschiedener Ester bzw. Aldehyde in TMR-Silagen. Unveröffentlichte Untersuchungsbefunde
- THOMSEN, J. (1999) TMR-Silage – Hit oder Flop? Bauernblatt Schleswig-Holstein und Hamburg **53/149 : 42**, 54-57
- UNIVERSITÄT HOHENHEIM – DOKUMENTATIONSSTELLE (Hrsg.) (1997) DLG-Futterwerttabellen – Wiederkäuer. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- VAN HANDEL, E. (1967) Determination of fructose and fructose-yielding carbohydrates with cold anthrone. Anal. Biochem. **19**, 193-194
- VON LENGERKEN, J.; ZIMMERMANN, K. (Hrsg.) (1991) Handbuch Futtermittelprüfung. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 93-113
- WEISSBACH, F. (1993) Konservierung von Grünfutter. In: JEROCH, H.; FLACHOWSKY, G.; WEISSBACH, F. (Hrsg.) Futtermittelkunde. Gustav Fischer Verlag, Jena, 87-103
- WEISSBACH, F.; KUHLA, S. (1995) Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfutter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übers. Tierernährg. **23**, 189-214
- WINTERS, A. L.; WHITTAKER, P. A.; WILSON, R. K. (1987) Microscopic and chemical changes during the first 22 days in Italian ryegrass and cocksfoot silages made in laboratory silos. Grass Forage Sci. **42**, 191-196

Zur energetischen Bewertung von Mischrationen (TMR) in der Milchkuhfütterung

Boguhn, Jeannette (Halle); Kluth, Holger¹; Steinhöfel, Olaf; Peterhänsel, Martina; Rodehutsord, Markus

1. Einleitung

Mischrationen (TMR) werden zunehmend in der Milchkuhfütterung eingesetzt.

Die energetische Bewertung von TMR gestaltet sich jedoch schwierig, da Schätzgleichungen zur Bestimmung der Umsetzbaren Energie (ME) nur für Einzelfuttermittel bzw. gemischte Kraftfuttermittel zur Verfügung stehen (GfE, 1998; GfE, 1996). Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Futtermitteln einer Ration bestehen und damit verbundene Änderungen in der Verdaulichkeit der Rohnährstoffe Fehler bei der Ermittlung der ME induzieren.

Die separate Ableitung von Formeln zur Schätzung der Energiekonzentration in Mischrationen für Milchkühe stand deshalb im Mittelpunkt dieser Untersuchung. Zur Schaffung der Datengrundlage wurde für 30 TMR die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe mit Hammeln ermittelt.

2. Material und Methoden

2.1 Futtermittel

Die Kalkulation der Mischungsanteile jeder Ration erfolgte nach vorliegenden Analysenbefunden für die Einzelkomponenten unter der Maßgabe, die Rahmenbedingungen zur Durchführung eines Verdaulichkeitsversuches (Schiemann, 1981) einzuhalten. Die Spanne der ME in den TMR sollte zwischen 10 und 12 MJ/kg Trockensubstanz (T) liegen. Die Nettoenergie - Laktation (NEL) wurde in einem Bereich von 6,0 bis 7,2 MJ/kg T kalkuliert.

Die zur Regressionsanalyse notwendige, große Spannweite der Gehalte an Rohnährstoffen in den untersuchten TMR wurde durch den Einsatz einer Vielzahl von Futtermitteln in unterschiedlichen Kombinationen erreicht (Tabelle 1). Jede TMR enthielt mindestens eine Silage. In 28 TMR war Maissilage enthalten. Grasanweltsilagen wurden vom 1. oder 2. Schnitt verwendet. Ganzpflanzen-, Pressschnitzel-, Luzerne- und Lieschkolbensilage sowie Biertreber ergänzten das Grundfutterangebot. Als Konzentrate wurden Gerste, Weizen, Soja- und Rapsextraktionsschrot, Erbsen, Lupine und Trockenschnitzel eingesetzt.

Die Tagesmengen der Einzelkomponenten wurden jeweils einzeln eingewogen, tiefgefroren gelagert und erst im Trog zur TMR gemischt, damit eine homogene Rationszusammensetzung für den gesamten Versuch sichergestellt war.

¹ eMail: kluth@landw.uni-halle.de

Tabelle 4: Anteile der Einzelfuttermittel an den Mischrationen (Angaben in %

TMR	Grundfuttermittel								Konzentrate							Hofmischung ^a
	Maissilage	Anwelsilage 1. Schnitt	Anwelsilage 2. Schnitt	Pressschnittsilage	Luzernesilage	Lieschkolbensilage	Biertreber	Ganzpflanzsilage	Gerste	Weizen	Sojaextraktionsschrot	Rapextraktionsschrot	Lupine, weiß	Erbsen	Trockenschrot	
1 ^b	44,2	15,9		13,3												25,9
2	37,6	17,7		18,8												25,9
3 ^{c,d}	33,0	26,4				11,0	13,2		8,8		5,1 ^e	1,8				
4 ^c	33,1	26,5				11,0	13,2		8,8		5,1 ^e	1,8				
5 ^c	33,1	26,5				11,0	13,2		6,6		6,2	2,9				
6	47,4		31,6	10,5	10,5											
7	27,8		55,6		8,3				8,3							
8	23,0		46,0	11,5	8,6				10,9							
9	44,0		33,0	11,0							12,0					
10	13,1		45,8	13,1					16,3		9,8	1,9				
11		90,0					10,0									
12	36,8	63,2														
13	55,0	25,0					20,0									
14	26,8	53,7							13,4		6,1					
15	34,5	41,4							17,2		6,9					
16	31,8		68,2													
17	38,1		57,1											4,8		
18	63,1		29,1											7,8		
19	57,1		22,9							11,4		8,6				
20	25,0		50,0							12,5	12,5					
21	68,3							26,8			4,9					
22	69,3							24,8					5,9			
23	51,7							34,5	8,0		5,7					
24	59,2							17,7	14,8			8,3				
25	48,6							13,9	22,2			15,3				
26	18,0	82,0														
27		60,9			26,1										13,0	
28	20,4	61,2			8,2				10,2							
29	51,1	29,8			8,5									10,6		
30	88,2								4,5		7,2					

^a Hofmischung aus Lipiciafett H&J, Fischmehl 64, Körnermais, Palmkuchen, Rapsschrot, Sojaschrot, Gerste (gequetscht) und Propylenglycol^b zusätzlich 0,7 % Vilomin (Mineralstoffgemisch)^c zusätzlich je 0,5 % Propylenglycol und 0,003% Natriumbikarbonat und Futterkalk^d zusätzlich 0,2 % Harnstoff^e einschließlich 3,3 % Sojaextraktionsschrot, geschüttet

Originalsubstanz)

2.2 Verdaulichkeitsversuch

Die Verdaulichkeitsversuche wurden standardisiert mit Hammeln durchgeführt. Die Prüfung der Mischrationen erfolgte an mindestens 3, in der Regel an 4 Tieren. Die Anfütterungsphase betrug mindestens 14 Tage, bei einem Wechsel in der Rationszusammensetzung mindestens 20 Tage.

Jeweils die Hälfte einer Tagesration wurde früh und abends an die Tiere verfüttert. Futterreste wurden quantitativ erfasst, bei inhomogenen Mischungsverhältnissen analysiert und bei der Berechnung der Nährstoffaufnahme des Einzeltieres berücksichtigt. Wasser stand ad libitum zur Verfügung.

Die Erfassung der Kotmenge mittels Kotsammelbeutel erfolgte täglich über einen Zeitraum von mindestens 6 Tagen. Für die chemische Analyse wurde jeweils ein aliquoter Anteil der täglichen Kotmenge entnommen.

2.3 Chemische Analyse

Die Analyse der Weender Rohnährstoffe im Futter und im Kot folgte dem Standard des VDLUFA (Naumann und Bassler, 1976). Eine Korrektur der Trockensubstanz, wie sie von v. Lengerken und Zimmermann (1991) für Silagen empfohlen wird, unterblieb.

Zusätzlich wurden die Neutrale (NDF) und Saure Detergenzienfasern (ADF) (van Soest, 1963), die Gasbildung (Gb) (Menke et al., 1979) und die Enzymlösliche Organische Substanz (ELOS) (De Boever et al., 1986) analysiert.

2.4 Berechnung und Auswertung

Die Verdaulichkeit (VQ) der Rohnährstoffe und Detergenzienfasern in % wurde berechnet nach:

$$VQ = \frac{\text{Nährstoffaufnahme (g / Tag)} - \text{Nährstoffausscheidung (g / Tag)}}{\text{Nährstoffaufnahme (g / Tag)}} \cdot 100 \%$$

Für die Berechnung der ME wurde folgende Formel verwendet (GfE, 1995):

$$ME \text{ (MJ/kg T)} = 0,0312 \cdot DXL + 0,0136 \cdot DXF + 0,0147 \cdot (DOS - DXL - DXF) + 0,00234 \cdot XP$$

Die verdaulichen Rohnährstoffe Rohfett (DXL), Rohfaser (DXF) und Organische Substanz (DOS) sowie Rohprotein (XP) sind hierbei jeweils in g/kg T angegeben. Die NEL wurde abgeleitet nach van Es (1975).

In die multiple Regressionsanalyse wurden alle analysierten Parameter einbezogen und nach dem Grad ihrer Wirksamkeit auf die Schätzgüte schrittweise selektiert. Die Mindestgröße eines partiellen Regressionskoeffizienten wurde über die Festlegung der maximalen Absenkung des F-Wertes bei Ausschluss eines Regressors gleich 0,5 kontrolliert.

Sowohl lineare als auch quadratische Schätzgleichungen wurden abgeleitet.

3. Ergebnisse

3.1 Zusammensetzung der Mischrationen

Die 30 geprüften Mischrationen wiesen eine große Spannweite der analysierten Parameter auf

(Tabelle 5). Die in der Praxis auftretenden Nährstoffgehalte in Mischrationen konnten mit den ermittelten Bereichen von 13 bis 25 % Rohfaser (XF), 12 bis 23 % Rohprotein (XP) und 2,6 bis 4,8 % Rohfett (XL) abgedeckt werden.

Die Gehalte an NDF und ADF lagen im mittleren Bereich der von SCHÖNER und PFEFFER (1985) angegebenen Spannweite für Grundfuttermittel.

Die Gehalte an ELOS in den TMR betrugen zwischen 652 und 800 g/kg T.

Die ermittelte Gb wies eine vergleichsweise geringe Spannweite von 41 bis 54 ml/200 mg T auf.

Tabelle 5: Zusammensetzung der TMR (Weender Rohnährstoffe, in-vitro- Kriterien und Detergenzienfasern) ($\pm$ Standardabweichung s)

Parameter		Minimum	Maximum	Mittelwert	$\pm$ s
T	g/kg	273	565	416	63,9
XA	g/kg T	54	116	80	17,4
XP	g/kg T	118	234	169	29,3
XL	g/kg T	26	48	34	6,2
XF	g/kg T	131	250	180	32,5
NDF	g/kg T	281	488	364	55,2
ADF	g/kg T	173	304	222	36,8
ELOS	g/kg T	652	800	744	43,0
Gb	ml/200mg T	41	54	49	3,7

3.2 Verdaulichkeit

Eine Übersicht der mittleren Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe und Detergenzienfasern zeigt

Tabelle 6. Die hohe Verdaulichkeit der Organischen Substanz von bis zu 84 % ist auf die teilweise sehr hohen Konzentratanteile und die gute Grundfutterqualität zurückzuführen. Es ergab sich erwartungsgemäß eine enge Korrelation der VQ OS zur berechneten ME der TMR (Abbildung 6).

Tabelle 6: Mittlere Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe und der Detergenzienfasern sowie berechnete ME und NEL ($\pm$ Standardabweichung s)

	Verdaulichkeit in %					ME	NEL
	OS	XL	XF	NDF	ADF	MJ/kg T	MJ/kg T
Minimum	69	56	55	58	53	9,6	5,7
Maximum	84	84	78	77	80	11,9	7,4
Mittelwert	78	70	67	68	69	11,2	6,8
$\pm$ s	3,7	7,6	6,9	6,2	7,7	0,6	0,4

Für die Rohfaser konnten Verdaulichkeiten zwischen 55 und 78 % ermittelt werden. Es besteht keine Beziehung der VQ XF zur ME (Abbildung 6), wohl aber des Gehaltes an XF in der Ration. Sowohl Mischrationen mit einer Energiekonzentration unter 10,7 MJ ME/kg T als auch über 11,5 MJ ME/kg T weisen im Mittel eine Verdaulichkeit der Rohfaser von ~67 % auf.

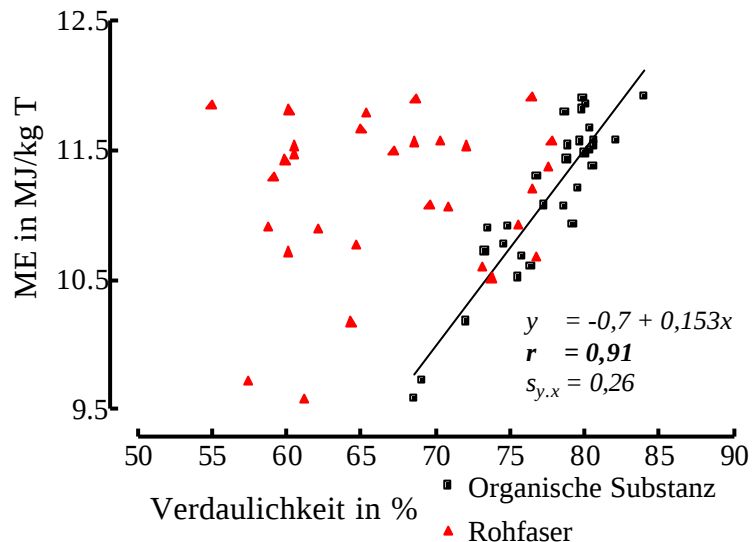


Abbildung 6: Beziehung zwischen der Verdaulichkeit der Organischen Substanz und der berechneten Umsetzbaren Energie der TMR im Vergleich zur Verdaulichkeit der Rohfaser

Ein analoges Bild wie bei der Rohfaser ergibt sich auch für die Verdaulichkeit der NDF und ADF. Für die Verdaulichkeit des Rohfettes lässt sich eine positive Korrelation zur Umsetzbaren Energie statistisch nicht absichern.

3.3 Energiekonzentration

Die berechnete ME der TMR lag zwischen 9,6 und 11,9 MJ/kg T (Tabelle 6) und entspricht dem im Vorfeld kalkultierten Bereich von ~10 bis 12 MJ/kg T. Die daraus abgeleitete NEL (van Es, 1975) wies Werte zwischen 5,7 und 7,4 MJ/kg T auf. Damit konnte der für die praktische Milchkuhfütterung relevante Bereich abgedeckt werden.

Der Einfluss der analysierten Parameter auf die ME lässt sich durch einfache, lineare Regressionen darstellen. Hierbei zeigte sich, dass von den Rohnährstoffen nur der Rohfasergehalt eine statistisch gesicherte Korrelation zur ME aufweist (Abbildung 7). Analoge Beziehungen ergeben sich auch für die NDF ($r = 0,76$) und die ADF ($r = 0,73$).

Tendenziell steigt die Energiekonzentration mit steigendem Rohfettgehalt in einer Mischration.

Die Gasbildung zeigt keinen mathematischen Zusammenhang zur ME. Die ELOS ist dagegen sehr eng mit der ME korreliert ($r = 0,89$) (Abbildung 8).

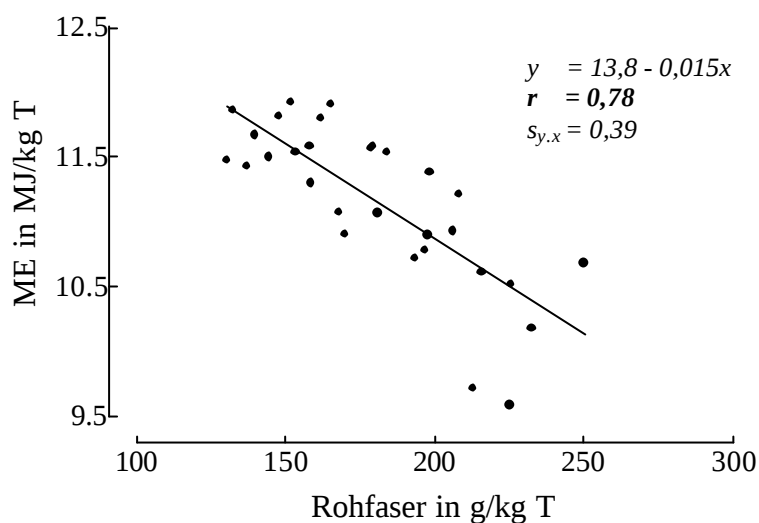


Abbildung 7: Beziehung zwischen Rohfasergehalt und berechneter Umsetzbarer Energie der TMR

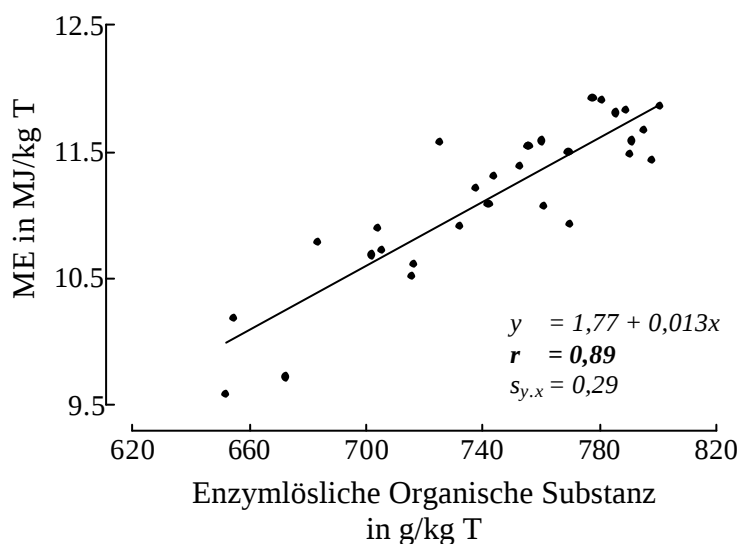


Abbildung 8: Beziehung zwischen ELOS und berechneter Umsetzbarer Energie der TMR

3.4 Regressionsanalyse

Regressionsanalytisch abgeleitete Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie von TMR sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Die alleinige Verwendung der Parameter Rohfett und Rohfaser lässt eine hinreichend genaue Schätzung zu (Nr.1). Die Hinzunahme von Rohasche und Rohprotein vermag die Schätzungsgüte sowohl in linearen als auch quadratischen Ableitungen nur noch unwesentlich zu steigern (Nr.2).

In Untersuchungsanstalten wird oft auf die aufwendige Rohfettanalyse verzichtet. Bei Ausschluss von XL sinkt das korrigierte Bestimmtheitsmaß jedoch stark ab und die maximalen Residuen steigen (Nr.3).

Bei Ersatz der Rohfaser durch die Neutrale Detergenzienfaser (Nr.4) steigt die Güte der Schätzung im Vergleich zu den Ableitungen auf der Basis der Weender Rohnährstoffe nur noch unwesentlich an. Die Verwendung der Sauren Detergenzienfaser vermindert die Schätzungsgenauigkeit deutlich (Nr.5).

Die Gasbildung hat keinen signifikanten Einfluss auf die Zielgröße ME und vermag in Verbindung mit allen analysierten Rohnährstoffen die Schätzungsgüte nicht mehr zu erhöhen (Nr.6).

Die enge Beziehung der ELOS spiegelt sich auch in der regressionsanalytischen Ableitung von Schätzgleichungen wieder (Nr.7). Das korrigierte Bestimmtheitsmaß kann bis auf 0,90 gesteigert werden. Die maximale Abweichung der berechneten von der geschätzten ME liegt bei $\pm 3\%$.

4. Schlussfolgerungen

Die abgeleiteten Schätzgleichungen zur Bestimmung der Umsetzbaren Energie von TMR auf der Basis der Weender Rohnährstoffe sind hinreichend genau. Rohfett und Rohfaser haben dabei einen signifikanten Einfluss auf die Zielgröße ME. NDF ist eine Alternative zur Rohfaser, bietet aber keinen Vorteil im Sinne der Schätzgenauigkeit. Die Güte der Schätzgleichungen ist am größten, wenn ELOS als Regressor neben XF und XL verwendet wird. Die zusätzliche Berücksichtigung der Gasbildung erwies sich angesichts der vergleichbar geringen Streuung für TMR nicht als empfehlenswert.

Die noch ausstehende unabhängige Validierung kann erst dann zufriedenstellend vorgenommen werden, wenn weitere Datensätze unter Einbeziehung von Verdaulichkeitsbestimmungen mit TMR vorgelegt werden.

Tabelle 7: Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie (MJ/kg T) von TMR (Rohnährstoffe und ELOS in g/kg T, Gb in ml/200mg T)

Nr.	r^2	$s_{y,x}$		maximale Residuen	
		%	MJ/ kg T	%	
1 ME = 8,8793 - 0,01390 XF + 0,24357 XL - 0,000007 XF ² - 0,002734 XL ²	0,81	2,4	0,27	+4,7	-3,9
2 ME = 6,0756 + 0,19123 XL + 0,02459 XP - 0,000038 XF ² - 0,002139 XL ² - 0,000060 XP ²	0,83	2,2	0,25	+5,6	-3,5
3 ME = 4,6506 + 0,02077 XF + 0,05968 XP - 0,00400 XA - 0,000080 XF ² - 0,000147 XP ²	0,71	2,9	0,33	+6,2	-6,0
4 ME = 11,9955 - 0,00753 NDF + 0,03987 XL + 0,00566 XP - 0,00513 XA	0,81	2,3	0,26	+6,3	-4,0
5 ME = 11,3152 - 0,01085 ADF + 0,03071 XL + 0,00710 XP	0,75	2,8	0,31	+5,8	-5,5
6 ME = 8,9695 + 0,04095 Gb - 0,01267 XF + 0,04108 XL + 0,00508 XA + 0,00387 XP	0,83	2,3	0,26	+5,7	-4,1
7 ME = 1,5473 + 0,00764 ELOS + 0,23292 XL - 0,000021 XF ² - 0,002760 XL ²	0,90	1,7	0,19	+3,1	-2,9

Literatur

- De Boever, J. L., B. G. Cottyn, F. X. Buysse, F. W. Wainman und J. M. Vanacker (1986). The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 14: 203-214.
- GfE (1995). Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen: Zur Energiebewertung beim Wiederkäuer. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 4: 121-123.
- GfE (1996). Formeln zur Schätzung des Gehaltes an umsetzbarer Energie und Nettoenergie in Mischfutter. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 5: 153-155.
- GfE (1998). Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen: Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais- Ganzpflanzen. *Proc. Soc. Nutr. Physiol* 7: 141-150.
- Lengerken, v. J. und K. Zimmermann (1991). *Handbuch Futtermittelprüfung*. Berlin, Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- Naumann, C. und R. Bassler (1976). *VDLUFA-Methodenbuch, Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*. Melsungen, Neumann-Neudamm.
- Menke, K., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz und W. Schneider (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *J. agric. Sci. Camb.* 93: 217-222.
- Schiemann, R. (1981). Methodische Richtlinien zur Durchführung von Verdauungsversuchen für die Futterwertschätzung. *Archiv Tierernährung* 31: 1-19.
- Schöner, F.-J. und E. Pfeffer (1985). Zur Schätzung des energetischen Futterwertes im Grundfutter. 1. Mitteilung: Zellwandfraktionen der Detergenzienanalyse. *Das Wirtschaftseigene Futter* 31(1): 80-86.
- van Es, A. J. H. (1975). Feed evaluation for dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 2: 95-107.
- van Soest, P. F. (1963). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 2. A rapid method for the determination of fibre and lignin. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.* 51: 829.

Untersuchungen zur Additivität von Rohproteinfraktionen in Mischrationen - Bedeutung für die UDP-Schätzung

Richardt, Wolfram (Lichtenwalde)¹; Steinhöfel, Olaf

Einleitung

Seit 1997 wird in Deutschland das nutzbare Rohprotein am Duodenum (nXP) als System zur Bewertung der Proteinversorgung für Wiederkäuer in der „praktischen“ Rationsberechnung angewendet (GfE, 1997). Die Schätzung des nXP kann sowohl auf dem Weg der direkten Bestimmung als auch mit der regressiven Ableitung erfolgen. Als Verfahren zur direkten Schätzung sind zum Beispiel Pansensaftmethoden (Zhao u. Lebzien, 2000; Steingaß et al., 2001) zu nennen. Die Ableitung des nXP für Futtermittel über Gleichungssysteme erfolgt nach den von der GfE (1997) vorgeschlagenen Formeln. Zielgrößen sind Mikrobenprotein und UDP (unabgebautes Rohprotein), welche zusammen das nutzbare Rohprotein bilden. Zur Kalkulation des nutzbaren Rohproteins werden Energie, Rohprotein und UDP benötigt. Für das UDP existieren bisher lediglich tabellierte Werte. In den letzten Jahren wurden verschiedene Methoden zur Schätzung des UDP mit Hilfe enzymatischer Methoden (Calsamiglia et al., 2000) oder der Fraktionierung des Rohproteins (Shannak et al., 2000; NRC, 2001) entwickelt. Eine wesentliche Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieses Systems in der Futtermittelbewertung und Rationsgestaltung ist die Additivität des UDP. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Additivität der Rohproteinfraktionen und der Faserfraktion PNDF, sowie die Additivität des UDP zu prüfen.

Material und Methoden

Es wurden 6 Einzelfuttermittel (2 Grobfuttermittel, 3 rohproteinreiche Konzentrate und 1 Mischfuttermittel) ausgewählt und daraus 9 Mischungen hergestellt. Das Mischungsverhältnis betrug 1:1 oder 1:2 auf Basis der Trockensubstanz (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1: Mischungen und Mischungsverhältnisse der Einzelfuttermittel

Mischung	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Grassilage	1				2			1	
Maissilage					1	1			
Sojabohne			1				1	2	2
Rapsextraktionsschrot	2	2	1	1					
Maiskleber		1				2			1
Milchviehmischfutter				1			1		

Grassilage (GS), Maiskleber (MK), Sojabohne (SB), Rapsextraktionsschrot (RES), Milchviehmischfutter (MVM), Maissilage (MS)

Analysiert wurden Trockensubstanz, Rohasche, Rohprotein (XP), Rohfaser, Rohfett und Reinprotein (TP) nach VDLUFA Methodenbuch Bd. III, pufferunlösliches Reinprotein (IP), ND-unlösliches Reinprotein (NDIP), AD-unlösliches Reinprotein (ADIP) und die Faserfraktion PNDF nach Licitra et al. (1996). Die Kalkulation des UDP erfolgte nach Shannak et al. (2000) für eine angenommene Passagerate von 8%/h (UDP8). Berechnet wurde das UDP über die Parameter XP, A (=XP-TP), B1 (=TP-IP), B2 (=IP-NDIP), B3 (=NDIP-ADIP), C (=ADIP) und PNDF. Die Abweichungen der Analysenergebnisse der Mischungen wurden aus den Fehlern der Einzelbestimmungen entsprechend dem Fehlerfortpflanzungsgesetz

¹ eMail: wolfram.richardt@rizu.de

(Fehler = $\sqrt{(Fehler1)^2 + (Fehler2)^2}$) bewertet. Für die Rohproteinbestimmungen (XP, IP, NDIP, ADIP) wurde eine Fehlergrenze von 4 g/kg, 3% relativ und 8 g/kg bei <160, 160-320 und >320 g Rohprotein/kg angenommen. Bei der Bestimmung des Fasergehaltes (NDIP, ADIP und PNDF) wurde der für die Rohfaser geltende Grenzwert von 4% bei über 100 g Rohfaser/kg unterstellt. Für die Bestimmung von NDIP und ADIP errechnete sich die Fehlergrenze aus dem Fehler für Rohprotein- und Faserbestimmung entsprechend dem Fehlerfortpflanzungsgesetz. In Tabelle 2 sind die Analysenfehler der für die UDP Schätzung relevanten Inhaltsstoffe in Abhängigkeit von der Mischung wiedergegeben.

Tab. 2: Analysenfehler der Inhaltsstoffe in Abhängigkeit von der Mischung (g/kg TS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	RES+GS	RES+MK	RES+SB	RES+MVM	MS+GS	MS+MK	SB+MVM	SB+GS	SB+MK
Rohprotein	9,7	11,3	11,3	10,1	6,8	8,9	10,1	9,7	11,3
PNDF	22,5	16,5	19,4	17,1	27,8	23,3	18,0	23,2	17,5
ADF	11,3	12,8	11,3	11,3	11,3	12,8	11,3	11,3	12,8
TP	9,6	11,9	11,9	9,6	5,7	8,9	8,9	8,9	11,3
IP	9,4	11,7	11,7	9,4	5,7	8,9	8,9	8,9	11,3
NDIP	23,2	17,4	20,5	18,0	28,4	23,9	19,1	24,1	18,6
ADIP	12,6	14,0	12,6	12,6	12,6	14,0	12,6	12,6	14,0

GS=Grassilage, MK=Maiskleber, SB=Sojabohne, RES=Rapsextraktionsschrot, MVM=Milchviehmischfutter, MS= Maissilage

Die Einzelfuttermittelanalyse erbrachte die in Tabelle 3 angegebenen Werte der für die UDP Schätzung relevanten Inhaltsstoffe. Für Maiskleber konnte kein UDP berechnet werden, da die PNDF mit 59 g/kg TS außerhalb des Definitionsbereichs lag.

Tab. 3: Inhaltsstoffe der sechs Einzelfuttermittel

	XP	PNDF	ADF	TP	IP	NDIP	ADIP	UDP8
	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	G/kg TS	% XP
GS	185	456	283	110,2	109,3	50,5	14,2	40,2
MK	654	59	73	637,9	634,6	75,6	39,5	(-157)
SB	408	358	102	395,1	386,0	185,2	31,4	77,8
RES	379	328	219	328,6	319,3	64,8	20,2	64,4
MVM	206	273	99	177,2	145,8	27,1	6,6	29,8
MS	54	525	270	30,9	29,9	9,9	6,0	22,7

GS=Grassilage, MK=Maiskleber, SB=Sojabohne, RES=Rapsextraktionsschrot,

MVM=Milchviehmischfutter, MS= Maissilage

XP=Rohprotein, PNDF=Neutrale Detergenzienfaser (ohne Sulfit), ADF=Saure Detergenzienfaser, TP=Reinprotein, IP=pufferunlösliches Reinprotein, NDIP=ND-unlösliches Reinprotein, ADIP=AD-unlösliches Reinprotein, UDP8=UDP bei einer ruminalen Passagerate von 8%/h.

Ergebnisse und Diskussion

Wie die Tabelle 4 zeigt, ergaben sich beim Rohproteingehalt nur geringe Abweichungen der analytischen von den theoretischen Werten (aus den Einzelanalysen und den Anteilen in den Mischungen kalkuliert). Bei keiner Mischung lag die Abweichung über der Fehlergrenze (vgl. Tab. 2).

Tab. 4: Vergleich von theoretischem und analysiertem Rohproteingehalt

Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mischung		RES+G S	RES+M K	RES+S B	RES+ MVM	MS+G S	MS+M K	SB+MVM	SB+G S	SB+M K
Anteile		2:1	2:1	1:1	1:1	1:2	1:2	1:1	2:1	2:1
Kalkulat. ¹⁾	g/kg TS	314	471	394	293	141	454	307	333	490
Analyse	g/kg TS	319	479	404	300	143	452	313	341	499
Differenz										
Absolut	g/kg TS	4,4	8,0	10,6	6,9	1,6	-2,0	6,1	8,1	9,0
Relativ	%	1,4	1,7	2,7	2,3	1,1	-0,4	2,0	2,4	1,8

GS=Grassilage, MK=Maiskleber, SB=Sojabohne, RES=Rapsextraktionsschrot.,
MVM=Milchviehmischfutter, MS= Maissilage

1) Kalkulation auf Basis der Einzelfuttermittel

Die Bestimmung des Reinproteins (TP) erbrachte bei Mischung 1, 2, 3, 4 und 8 Abweichungen des analytischen vom theoretischen Wert, welche außerhalb der Fehlergrenzen lagen (Tab. 5). Alle Abweichungen waren positiv, d. h., es wurden höhere Reinproteingehalte analysiert. Daraus ergab sich eine niedrigere Fraktion A ($A=XP-TP$), was zu einem höheren UDP8 führen sollte. Da aber bei der Bestimmung des pufferunlöslichen Reinproteins (IP) keine größeren Abweichungen auftraten, erhöhte sich die Fraktion B1 ($B1=TP-IP$), so dass das pufferlösliche Protein ($A+B1$) bei den Mischungen 2, 3, 4 und 8 leicht anstieg (bis +30g/kg XP). Dies korreliert mit dem niedrigeren UDP8. In Mischung 1 führt sowohl die Überschätzung des TP als auch die des IP erwartungsgemäß zu einem höheren UDP8 (vgl. Tab. 10). Auffällig ist, dass es vor allem die Mischungen mit Rapsextraktionsschrot sind, welche die höchsten Abweichungen zeigen. Möglicherweise wurde der Reinproteingehalt des Rapsextraktionsschrots in der Einzelbestimmung zu niedrig geschätzt.

Tab. 5: Vergleich von theoretischem und analysiertem Reinproteingehalt

Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mischung		RES+GS	RES+MK	RES+SB	RES+ MVM	MS+GS	MS+MK	SB+MVM	SB+GS	SB+MK
Anteile		2:1	2:1	1:1	1:1	1:2	1:2	1:1	2:1	2:1
Kalkulat. ¹⁾	g/kg TS	254	432	362	253	84	435	286	298	476
Analyse	g/kg TS	275	454	380	271	85	432	281	310	484
Differenz										
Absolut	g/kg TS	21,3 ²⁾	22,0 ²⁾	18,1 ²⁾	18,2 ²⁾	0,9	-3,1	-5,3	11,7 ²⁾	7,7
relativ	%	8,4	5,1	5,0	7,2	1,1	-0,7	-1,8	3,9	1,6

GS=Grassilage, MK=Maiskleber, SB=Sojabohne, RES=Rapsextraktionsschrot.,
MVM=Milchviehmischfutter, MS= Maissilage

1) Kalkulation auf Basis der Einzelfuttermittel, 2) Abweichung außerhalb des Toleranzbereiches (vgl. Tab. 2)

Die Bestimmung des pufferunlöslichen Reinproteins (Tab. 6) ergab nur bei Mischung 6 eine negative Abweichung zwischen analytischem und theoretischem Wert, welche außerhalb der Fehlergrenzen lag. Dies führte zu einer geringen Überschätzung von Fraktion B1 und Unterschätzung von B2 ($B2=IP-NDIP$), bei gleichzeitig geringfügiger Überschätzung des ND-unlöslichen Reinproteins (vgl. Tab. 7). Das UDP8 wurde dadurch nicht beeinflusst. Bei den restlichen Mischungen lagen die Differenzen innerhalb der Fehlergrenzen und sind insgesamt als niedrig einzustufen.

Tab. 6: Vergleich von theoretischem und analysiertem Gehalt an pufferunlöslichen Reinprotein

Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mischung		RES+GS	RES+MK	RES+SB	RES+MVM	MS+GS	MS+MK	SB+MVM	SB+GS	SB+MK
Anteile		2:1	2:1	1:1	1:1	1:2	1:2	1:1	2:1	2:1
Kalkulat. ¹⁾	g/kg TS	248	425	353	233	83	432	266	292	469
Analyse	g/kg TS	256	424	359	229	79	422	272	293	475
Differenz										
Absolut	g/kg TS	8,5	-0,8	5,8	-3,8	-3,9	-10,4²⁾	5,6	0,9	5,7
relativ	%	3,4	-0,2	1,6	-1,6	-4,7	-2,4	2,1	0,3	1,2

GS=Grassilage, MK=Maiskleber, SB=Sojabohne, RES=Rapsextraktionsschrot., MVM=Milchviehmischfutter, MS= Maissilage

1) Kalkulation auf Basis der Einzelfuttermittel, 2) Abweichung außerhalb des Toleranzbereiches (vgl. Tab. 2)

Die Bestimmung des ND-unlöslichen Reinproteins (NDIP) ergab bei Mischung 2 und 9 Abweichungen zwischen den analytischen und theoretischen Werten, welche außerhalb der Fehlergrenzen lagen (Tab. 7). Alle Abweichungen waren negativ, d. h., es wurden niedrigere NDIP Werte analysiert. Daraus ergaben sich höhere Anteile der Fraktion B2 (B2=IP-NDIP) und niedrigere der Fraktion B3 (B3=NDIP-ADIP) am Rohprotein, was zu einem niedrigeren UDP führt (vgl. Mischung 2 und 9, Tab. 10).

Tab. 7: Vergleich von theoretischem und analysiertem Gehalt an ND-unlöslichen Reinprotein

Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mischung		RES+GS	RES+MK	RES+SB	RES+MVM	MS+GS	MS+MK	SB+MVM	SB+GS	SB+MK
Anteile		2:1	2:1	1:1	1:1	1:2	1:2	1:1	2:1	2:1
Kalkulat. ¹⁾	g/kg TS	61	68	126	46	37	54	107	139	148
Analyse	g/kg TS	65	46	124	44	37	69	97	141	115
Differenz										
Absolut	g/kg TS	4,1	-22,2²⁾	-1,4	-1,6	-0,3	15,0	-9,1	1,3	-32,5²⁾
relativ	%	6,7	-32,5	-1,1	-3,6	-0,9	27,9	-8,5	0,9	-22,0

GS=Grassilage, MK=Maiskleber, SB=Sojabohne, RES=Rapsextraktionsschrot., MVM=Milchviehmischfutter, MS= Maissilage

1) Kalkulation auf Basis der Einzelfuttermittel, 2) Abweichung außerhalb des Toleranzbereiches (vgl. Tab. 2)

Auffällig ist, dass in beiden Mischungen Maiskleber enthalten ist. Bei den restlichen Mischungen lagen die Differenzen innerhalb der Fehlergrenzen und sind insgesamt als niedrig einzustufen.

Die Bestimmung des AD-unlöslichen Reinproteins (ADIP) ergab nur geringe Abweichungen zwischen analytischem und theoretischem Wert (Tab. 8). Keiner der Werte lag über der Fehlergrenze (vgl. Tab. 2). Mischung 9 liegt zwar noch innerhalb der Fehlergrenze, jedoch mit 12,6 g (ca. 37%) deutlich unter dem erwarteten Wert. Dies führt zu einem geringeren Anteil der Fraktion C (C = ADIP) am Rohprotein und damit zu einem niedrigeren UDP (vgl. Tab. 10).

Tab. 8: Vergleich von theoretischem und analysiertem Gehalt an AD-unlöslichen Reinprotein

Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mischung		RES+GS	RES+MK	RES+SB	RES+MVM	MS+GS	MS+MK	SB+MVM	SB+GS	SB+MK
Anteile		2:1	2:1	1:1	1:1	1:2	1:2	1:1	2:1	2:1
Kalkulat. ¹⁾	g/kg TS	18	27	26	13	11	28	19	26	34
Analyse	g/kg TS	23	30	29	16	11	25	18	23	21
Differenz										
Absolut	g/kg TS	4,8	2,8	3,6	2,2	-0,7	-3,0	-0,7	-2,9	-12,6
relativ	%	26,1	10,6	14,1	16,2	-6,5	-10,4	-3,6	-11,4	-36,9

GS=Grassilage, MK=Maiskleber, SB=Sojabohne, RES=Rapsextraktionsschrot.,
MVM=Milchviehmischfutter, MS= Maissilage

1) Kalkulation auf Basis der Einzelfuttermittel

Die Bestimmung der Faserfraktion PNDF (Tab. 9) ergab bei Mischung 2 und 5 positive und bei 7 und 8 negative Abweichungen zwischen analytischem und theoretischem Wert. Positive Abweichungen ziehen ein höheres und negative ein niedrigeres UDP nach sich. Die positive Abweichung bei Mischung 2 hebt die Effekte der Differenzen bei Reinprotein und ND-unlösliches Reinprotein weitestgehend auf und führt damit zu einer nur geringfügigen Unterschätzung des UDP. Die Überschätzung der PNDF in Mischung 5 lässt ein erhöhtes UDP erwarten. Das tatsächlich ermittelte niedrigere UDP (vgl. Tab. 10) lässt sich z. T. aus den Abweichungen beim TP, IP, NDIP und ADIP erklären. Die geringeren PNDF Gehalte der Proben 7 und 8 führen erwartungsgemäß zu einem niedrigeren UDP. Die sehr geringe Auswirkung bei Mischung 7 (vgl. Tab. 10) lässt sich durch das tendenziell niedrigere NDIP und ADIP erklären.

Tab. 9: Vergleich von theoretischer und analysierter PNDF

Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mischung		RES+GS	RES+MK	RES+SB	RES+MVM	MS+GS	MS+MK	SB+MVM	SB+GS	SB+MK
Anteile		2:1	2:1	1:1	1:1	1:2	1:2	1:1	2:1	2:1
Kalkulat. ¹⁾	g/kg TS	371	238	343	301	479	214	316	391	259
Analyse	g/kg TS	384	256	324	307	525	215	279	364	250
Differenz										
Absolut	g/kg TS	13,4	17,7 ²⁾	-19,2	6,2	45,6 ²⁾	0,9	-37,0 ²⁾	-27,2 ²⁾	-8,3
Relativ	%	3,6	7,4	-5,6	2,1	9,5	0,4	-11,7	-7,0	-3,2

GS=Grassilage, MK=Maiskleber, SB=Sojabohne, RES=Rapsextraktionsschrot.,
MVM=Milchviehmischfutter, MS= Maissilage

1) Kalkulation auf Basis der Einzelfuttermittel, 2) Abweichung außerhalb des Toleranzbereiches (vgl. Tab. 2)

Die Berechnung des UDP ergab bei Mischung 4, 5 und 7 (Tab. 10) negative Abweichungen zwischen dem analytischen (kalkuliert auf Basis der analysierten Rohproteinfraktionen) und dem theoretischen Wert (kalkuliert auf Basis der theoretisch zu erwartenden Rohproteinfraktionen) von über 4% (40g/kg XP). Bei Mischung 4 und 5 führte die Kombination aus erhöhtem TP, niedrigerem IP und NDIP zu einem höheren Anteil pufferlöslichen Rohproteins (Fraktion A+B1= +3%) und einem geringeren Anteil an den Fraktionen B2 und B3 sowie der Fraktion C.

Daraus resultiert eine Unterschätzung des UDP von 5,8 bzw. 6,2%. Bei Mischung 8 bedingte vor allem der erhöhte Reinproteingehalt eine Überschätzung der Fraktion B1 und eine Unterschätzung der Fraktion B2. In Verbindung mit einem niedrigeren AD-unlöslichen Reinprotein (ADIP=C) und einer niedrigeren PNDF folgte daraus ein um 7,8% (78 g/kg XP) niedrigerer UDP. Insgesamt sind die Abweichungen zwischen theoretischem und analysiertem Wert als gering einzustufen. Es konnte somit eine Addierbarkeit der UDP Bestimmung nachgewiesen werden, die im Bereich vertretbarer Fehlergrenzen liegt.

Tab. 10: Vergleich von theoretischem und analysiertem UDP8 (bei einer Passagerate von 8%/h)

Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mischung		RES+GS	RES+MK	RES+SB	RES+MVM	MS+GS	MS+MK	SB+MVM	SB+GS	SB+MK
Anteile		2:1	2:1	1:1	1:1	1:2	1:2	1:1	2:1	2:1
Kalkulat. ¹⁾	% XP	60	60	75	48	36	52	62	71	75
Analyse ²⁾	% XP	62	57	73	43	30	54	61	63	72
Differenz										
Absolut	% XP	1,4	-2,7	-2,1	-5,8³⁾	-6,2³⁾	2,0	-0,5	-7,8³⁾	-3,2
Relativ	%	2,4	-4,5	-2,8	-11,9	-17,1	3,9	-0,8	-11,0	-4,3

GS=Grassilage, MK=Maiskleber, SB=Sojabohne, RES=Rapsextraktionsschrot., MVM=Milchviehmischfutter, MS= Maissilage

1) kalkuliertes UDP auf Basis der theoretisch zu erwartenden Rohproteinfraktionen; 2) kalkuliertes UDP auf Basis der analysierten Rohproteinfraktionen, 3) Differenz über 4%

Die Auswirkungen von Differenzen bei dem Parameter UDP8 auf das nutzbare Rohprotein (nXP) sind vom Energie- und Rohproteingehalt abhängig. Bei einer Abweichung des UDP von $\pm 4\%$ erhöht oder verringert sich das nXP um 0,2-2,3% (Maissilage vs. Maiskleber). Dies entspricht einem Milcherzeugungswert (MEW) von bis zu 0,27 kg ECM/kg TS Futtermittel (85 g nXP/kg Milch mit 3,4% Eiweiß). Die Unterschätzung des UDP von 5,8%, 6,2% und 7,8% bei Mischung 4, 5 und 8 hatte eine Verringerung des nXP von 13g, 4g und 18g nXP/kg TS zur Folge. Dies entspricht einem MEW von 0,15 kg, 0,05 kg und 0,21 kg Milch (mit 3,4% Eiweiß) je kg TS Futtermittel.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung sollte die Additivität der UDP-Schätzung mit Hilfe der Rohproteinfraktionierung (Shannak et al. 2000) überprüft werden. Dazu wurden 6 Einzelfuttermittel ausgewählt und daraus 9 Mischungen erstellt. Alle für die UDP und nXP Schätzung notwendigen Rohnährstoffe wurden analysiert. Die Fehlergrenzen ergaben sich aus dem Fehlerfortpflanzungsgesetz und den Fehlergrenzen der entsprechenden Einzeluntersuchungen. Die häufigsten Abweichungen fanden sich bei der Reinprotein- und der PNDF-Bestimmung. Bei den anderen Parametern konnten kaum Abweichungen außerhalb des Toleranzbereiches festgestellt werden. Daraus ergaben sich für drei Proben (Mischung 4, 5 und 8) Abweichungen vom UDP mit über 4% (absolut) und für das nXP von 13g, 4g und 18g/kg TS. Die Abweichungen sind als vertretbar einzustufen, da die Auswirkungen auf den MEW (je kg TS Futtermittel) mit 0,15 kg, 0,05 kg und 0,21 kg Milch (3,4% Eiweiß) gering sind. Es kann geschlussfolgert werden, dass die Methode der Rohproteinfraktionierung und die Ableitung des UDP zu reproduzierbaren Ergebnissen führt. Die aus

Mischungen analysierten UDP- und nXP-Werte entsprechen den Vorhersagewerten aus analysierten Einzelfuttermitteln (Berechnung über Anteile in der Mischung).

Literatur

- Calsamiglia, S., M.D. Stern, A. Bach (2000): Enzymatic and microbial-cell preparation techniques for predicting rumen degradation and postruminal availability of protein, CAB International 2000, 259-279
- GfE (1997): Zum Proteinbedarf von Milchkühen und Aufzuchtrindern, Proc. Soc. Nutr. Physiol. 6, 217-232
- Licitra, G., T.M. Hernandez, P.J. Van Soest (1996): Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds, Animal Feed Science Technology, 57, 347-358
- NRC (2001): Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 43-104
- Shannak, S., K.-H. Südekum, A. Susenbeth (2000): Estimating ruminal crude protein degradation with in situ and chemical fractionation procedures, Animal Feed Science Technology, 85, 195-214
- Steingäß, H., D. Nibbe, K.-H. Südekum, P. Lebzien, H. Spiekers (2001): Schätzung des nXP-Gehaltes mit Hilfe des modifizierten Hohenheimer Futterwerttests und dessen Anwendung zur Bewertung von Raps- und Sojaextraktionsschroten, 113. VDLUFA-Kongreß, Kurzfassung der Vorträge, S. 114
- VDLUFA Methodenbuch Bd. III
- Zhao, G. Y. and P. Lebzien (2000): Development of an in vitro incubation technique for the estimation of the utilizable crude protein (uCP) in feeds for cattle, Arch. Anim. Nutr., 53, 293-302

Wiederholbarkeit der Energiebestimmung von Heu und Mischfutter an Hammeln

Hovenjürgen, M.; H. Spiekers; E. Tholen und E. Pfeffer, Bonn

Aus Verdauungsversuchen an Hammeln lassen sich Gehalte an Nettoenergie-Laktation (NEL) für Futtermittel beim Wiederkäuer berechnen. Die Bestimmung der Verdaulichkeit von Roh Nährstoffen erfolgt dabei für Mischfutter im Differenzversuch mit Heu als Kontrollration nach den Leitlinien des Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 1995). Die Wiederholbarkeit dieser Energiebestimmungen sollte abgeleitet werden.

Im Rahmen der Energetischen Futterwertprüfung der Landwirtschaftskammer Rheinland wurden in Haus Riswick in den letzten Jahren gleichzeitig immer auch Verdaulichkeitsbestimmungen des Kontrollfutters „Heu“ durchgeführt. Insgesamt wurden 4 Chargen Heu mit jeweils mindestens 10 wiederholten Bestimmungen an jeweils 4-5 Hammeln ausgewertet.

In einem Ringversuch wurden weiterhin in 13 Einrichtungen im deutschsprachigen Raum identische Chargen Heu und Mischfutter auf die Verdaulichkeit der Roh Nährstoffe geprüft. Angegeben ist jeweils die Streuung zwischen den Mittelwerten der Einzelbestimmung und die mittlere Streuung innerhalb der einzelnen Bestimmungen.

Ermittelte Daten aus Verdauungsversuchen in Haus Riswick (je 4-5 Hammel):

Charge	Anzahl Versuche	Verdaulichkeit der OS (%)			NEL (MJ/kg T)		
		Mittel	Standardabweichung Zwischen Versuch n=(11-13)	Zwischen Hammeln n=(4-5)	Mittel	Standardabweichung Zwischen Versuch n=(11-13)	Zwischen Hammeln n=(4-5)
1998/I	15	64,5	±0,8	±1,5	5,10	±0,11	±0,13
1999/I	13	71,3	±1,1	±1,1	5,81	±0,13	±0,10
2000/I	13	67,8	±1,1	±1,0	5,43	±0,09	±0,10
2000/II	11	74,1	±0,8	±1,1	6,04	±0,08	±0,11
Ermittelte Daten aus Ringversuch (je Einrichtung 4-5 Hammel):							
Heu	13	61,4	±1,5	±1,8	4,88	±0,15	±0,16
Heu+MLF	13	74,4	±0,6	±0,9	6,47	±0,11	±0,10
Aus Differenz: Mischfutter	13	83,2	±1,2	±1,6	7,66	±0,17	±0,17

Die Übereinstimmung der aus wiederholten Verdauungsversuchen in Haus Riswick berechneten Energiegehalte ist sehr gut. Auch die Reproduzierbarkeit des in verschiedenen Einrichtungen nach der Differenzmethode ermittelten Energiegehaltes im Mischfutter ist voll gewährleistet.

GfE(1995): Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Roh Nährstoffen an Wiederkäuern. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 65, 229-234

Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Bestandeszusammensetzung und die Futterqualität von Dauergrünland

Trott, Hagen (Kiel); Wachendorf, Michael; Taube, Friedhelm

Hintergrund und Problemstellung

Dauergrünland ist eine der wichtigsten Futterkomponenten spezialisierter Milchviehbetriebe in Norddeutschland. Es umfasst etwa 70 bis 80% der gesamten Futterbaufläche Schleswig Holsteins. Die dominierenden Nutzungsformen sind Mähweiden gefolgt von Weiden und Wiesen. Nutzungsform und N Düngung sind wichtige Faktoren bezüglich Produktivität und Futterqualität. Die meisten Untersuchungen beziehen sich auf ausschließlich Weide- oder Schnittsysteme, weitaus weniger auf Mähweiden. Ziel dieser Untersuchung war es, praxisrelevante Nutzungsformen und Düngungsstufen im Hinblick auf die Produktivität und Futterqualität der Bestände zu vergleichen und zu bewerten.

Material und Methoden

Im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes „N Projekt Karkendamm“ wurden über 5 Jahre die Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Bestandeszusammensetzung, den Ertrag und die Futterqualität untersucht. Im Mittelpunkt standen Nutzungssysteme mit reiner Weidenutzung (P), Mähweiden mit einem Schnitt (MWI) bzw. zwei Schnitten (MWII), sowie Bestände mit 4 maliger Schnittnutzung (C). Innerhalb dieser Behandlungen wurde die mineralische und organische Düngungsintensität variiert (0, 100, 200, 300 kg N ha⁻¹; 0 bzw. 20 m³ ha⁻¹ Rindergülle). Die Beweidung erfolgte mit Färsen bei einer maximalen Beweidungsdauer von 2 Tagen, danach jeweils Nachmahd. Herbizidapplikationen wurden bei Überschreiten kritischer Krautanteile durchgeführt. Zu jeder Nutzung wurde der Trockenmasseertrag und - im Falle der beweideten Varianten - der Weiderest ermittelt; die botanische Zusammensetzung wurde durch Fraktionierung der Ernteproben in Grass, Klee und Kraut bestimmt. Die Bestimmung der Qualitätsparameter erfolgte mittels NIRS.

Ergebnisse

Eine gesteigerte N Zufuhr durch Düngung und Exkremeente förderte vornehmlich die Konkurrenzkraft der Gräser zu Lasten der Kraut- und Kleeanteile. Nutzungsformen mit hoher Beweidungsintensität (W, MWI) zeigten vor allem bei niedrigem Düngungsniveau deutlich geringere Kleeanteile [17%] als unbeweidete (C) [32%] oder weniger intensiv beweidete Systeme (MWII) [30%]. Die Krautfraktion wurde von *Taraxacum officinale* dominiert (>90%). Nur in 14% aller Aufwüchse lagen die Krautanteile über 20%. Die mittleren Energieerträge variierten in Abhängigkeit von der N-Düngung zwischen 40 und 73 GJ NEL ha⁻¹ Jahr⁻¹ mit nur geringen Unterschieden zwischen den Nutzungssystemen. Die signifikante Interaktion Nutzungssystem x mineralische N-Düngung zeigt an, dass die N Verwertungseffizienz in Nutzungssystemen mit hohen Kleeanteilen (C, MWII) deutlich reduziert ist. MWII profitierte insbesondere auf niedrigem Düngungsniveau von zusätzlichem Exkrementstickstoff bei gleichzeitig hohen Kleeanteilen. Die Futterqualität der untersuchten Behandlungen entsprach den Anforderungen einer grundfutterbasierten Rationszusammenstellung für laktierende Milchkühe. Die Energiegehalte lagen in allen Behandlungen auf einem ähnlichen Niveau [6.5–7.0 MJ NEL kg TM⁻¹]. Im Gegensatz dazu wurden die Proteingehalte [16–24%] sowohl

durch die N Versorgung als auch durch die Nutzungsform (hier hpts. durch die Nutzungsfrequenz) gesteigert.

Untersuchungen zum Futterwert von Grasbeständen auf Winterweiden

Wacker, Karl (Pöhl); Steinhöfel, Olaf

1. Einleitung

Ganzjährig im Freien gehaltene Wiederkäuer müssen auch im Winter ihren Energie- und Nährstoffbedarf großteils über das Weidefutter decken. Dieses Winterfutter "auf dem Halm" besteht im wesentlichen aus abgestorbenen Pflanzenteilen. Unter günstigen Temperaturbedingungen können auch junge Pflanzen nachwachsen. Über den Futterwert dieser Pflanzenbestände ist bisher wenig bekannt. Die Eignung vorliegender Schätzgleichungen zur Ermittlung des energetischen Futterwertes für extensive Grasaufwüchse über laboranalytische bzw. ausgewählte *in-vitro* Methoden ist für derartige Grasbestände nicht nachgewiesen.

Im Rahmen eines BMBF-Projektvorhabens (Forschungsverbund "Elbe-Ökologie") zur "Entwicklung von dauerhaft umweltgerechten Landbewirtschaftungsverfahren im sächsischen Einzugsgebiet der Elbe" wurden auf Auengrünland im siebenwöchigen Schnitt-Rhythmus über die Wintermonate Futterproben gewonnen. Die Untersuchungen fanden in den Wintermonaten der Jahre 1999/2000 und 2000/2001 statt. Untersucht wurde ein mit Rohrschwingel (*Festuca arundinacea*) angesäter Pflanzenbestand und ein Dauergrünlandbestand, welcher ganzjährig als Standweide für Mutterkühe genutzt wurde. Neben der laboranalytischen Prüfung wurden die gewonnenen Schnittproben im Standardverdauungsversuch mit adulten Hammeln, im Hohenheimer Futterwerttest (MENKE ET AL. 1979) und mit der ELOS-Methode (DE BOEVER et al. 1986) untersucht. Da diese Methoden keine Aussagen über die Qualität des vom Weidetier tatsächlich aufgenommenen Futters erlauben, wurde zusätzlich mit Hilfe der Kot-Index-Technik (SCHMIDT et al. 1995) die selektive Futteraufnahme der Mutterkühe ermittelt.

2. Material und Methoden

Die Gewinnung des Futters für die *in-vivo* und *in-vitro* Verdaulichkeitsbestimmung und die Weideversuche erfolgten auf Flächen des Lehr- und Versuchsgutes Köllitsch der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Diese befinden sich auf elbnahem Auengrünland im Riesa-Torgauer-Elbtal.

Die Ernte des Futters für den standardisierten Fütterungsversuch, der an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg durchgeführt wurde, erfolgte bei Rohrschwingel jeweils zur 2. Nutzung. Das Weidefutter entsprach dem Weiderest und wurde dem Aufwuchs einer ganzjährigen Standweide entnommen.

1. Versuch: In-vivo-Fütterungsversuch am Hammel	2. Versuch: Qualität des selektiv aufgenommenen Winterweidefutters im Vergleich zum geschnittenen Weiderest	
Standardisierter Fütterungsversuch am Hammel Schafrasse: rauwolliges pommersches Landschaf 4 Wiederholungen 2 Jahre (Jahr) 1999/2000, 2000/2001 Nutzungstermin (zeitpkt) N1: Oktober/November N2: Dezember N3: Januar/Februar N4: März Aufwuchs (fm): A1: Rohrschwengel (RS) Schnittzeitpunkt 1. Aufwuchs: 1999: 29. Juni 2000: 18. Juni A2: Dauergrünland (Weide) Zum ersten Nutzungstermin ausgegrenzte ganzjährige Standweide (Besatz: 0,9 GV/ha) Prüfmerkmale Futter (F) Trockensubstanz (TS), Organische Masse (OM), Rohprotein (XP), Rohasche (XA), Rohfett (XL), Rohfaser (XF), NDF, ADF, ADL, Gasbildung (Gb) im Hohenheimer Futterwerttest, Enzymlöslichkeit (ELOS), Ca, P, Mg, K, Na Prüfmerkmale Hammelkot (K) TS, OM, XA, XP, XL, XF, KotN Prüfmerkmale Verdauungsversuch DOM, ME, NEL	Weidefutter (KotN-Methode) 2 Mutterkuhherden: Limousin (A1) auf Rohrschwengel (RS) Hybridkreuzung SMRxFV (A2) auf Dauergrünland (Weide) 3 Wiederholungen: jeweils eine Kot-Mischprobe von 3 Spendertieren 2 Jahre: 1999/2000, 2000/2001 Nutzungstermin (zeitpkt) N1: Oktober N2: November N3: Dezember N4: Januar N5: Februar N6: März Prüfmerkmale: KotN, XP, XA	Restfutter 2 Wiederholungen Aufwuchs (fm): A1: Rohrschwengel (RS) A2: Dauergrünland (Weide) 2 Jahre: 1999/2000, 2000/2001 Nutzungstermin (zeitpkt) N1: Oktober N2: November N3: Dezember N4: Januar N5: Februar N6: März Prüfmerkmale: Trockensubstanz (TS), Organische Masse (OM), Rohprotein (XP), Rohasche (XA), Rohfett (XL), Rohfaser (XF), Enzymlöslichkeit (ELOS), Ca, P, Mg, K, Na

Die wichtigste methodische Aufgabe bestand in der Bewertung der Winter-Aufwüchse und derer Veränderungen im Verlauf des Winters. Zunächst erfolgte ein Vergleich der *in-vivo* ermittelten Energiedichten mit empfohlenen Schätzformeln aus der Literatur auf Basis von *in-vitro*-Parametern nach dem Hohenheimer Futterwerttest (STEINGASS & MENKE 1986) über die Gleichung (SCHENKEL 1998):

$$\text{ME in MJ/ kg TS} = 1.12 + 0.4345 \text{ XL} - 0.0002915 \text{ XL XA} + 0.000278 \text{ XL XP} - 0.003997 \text{ XL XL} - 0.003699 \text{ Gb XL} + 0.001898 \text{ Gb Gb}$$

und nach der Cellulasemethode (DE BOEVER et al. 1986) über die Gleichung:

$$\text{ME in MJ/ kg TS} = -6.10 + 0.03629 \text{ ELOS} + 0.001563 \text{ XL XF} - 0.00005234 \text{ ELOS XF} - 0.00054 \text{ ELOS XL}$$

Der Vergleich der Energiedichte über die Rohnährstoffe erfolgte über die Gleichung für Sekundäraufwüchse (SCHENKEL 1998):

$$\text{ME in MJ/ kg TS} = 12.47 - 0.00686 \text{ XF} + 0.00388 \text{ XP} - 0.01335 \text{ XA}$$

Aufgrund wenig befriedigender Ergebnisse wurde mit dem vorliegenden Datenmaterial eigene Schätzgleichungen für die Verdaulichkeit und die Energiedichte der Aufwüchse hergeleitet. Diese Regressionen erfolgten auf Basis der Rohnährstoffe und von *in-vitro*-Parametern anhand multipler linearer Modelle der Form

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_x x_x.$$

Damit war jedoch nur eine Aussage zum Futterwert des geschnittenen Aufwuchses möglich. Bedingt durch die Futterselektion weidender Tiere wurde die von SCHMIDT et al. (1999) empfohlene Schätzformel

$$\text{ME in MJ/ kg TS} = 0.152 \text{ DOM}_{\text{KotN}} - 0.0029 \text{ XA} - 0.46 \text{ mit } \text{DOM}_{\text{KotN}} = 89.55 - 460/\text{KotN}$$

für die Ermittlung der tatsächlich aufgenommenen Futterqualität verwendet. Diese beruht auf dem Stickstoffgehalt des Kotes als internen Marker. Somit konnten Rückschlüsse auf die Verdaulichkeit und die Energiedichte des tatsächlich aufgenommen Futters gezogen werden.

3. Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind die Inhaltsstoffgehalte des Winterweidefutters aus Versuch 1 abgebildet. Die Futterqualität der Aufwüchse unterschied sich aufgrund unterschiedlicher klimatischer Voraussetzungen in den beiden Untersuchungsjahren. Über die vier Nutzungstermine konnte jeweils zur Nutzung "N3" der geringste Futterwert beobachtet werden (Abbildung 1). Dies deckt sich zum Teil mit der Einschätzung von Wolf (2002) wonach neben der Vornutzung der Erntetermin im Winter der größte Einflussfaktor auf die Energiedichte des Futters ist. Die Verdaulichkeit der OM von Rohrschwengel lag im Mittel der vier Nutzungstermine bei 49,4 % (1999/2000) bzw. bei 53,1 % (2000/2001), die mittleren Energiedichten bei 6,5 bzw. bei 6,9 MJ ME/kg T. Im Unterschied zur Reinansaat "Rohrschwengel" war die Futter- und Pflanzenzusammensetzung der Standweide in den beiden Untersuchungsjahren 1999 und 2000 sehr verschieden. Die Futterproben prägte 1999 ein hoher Anteil von überständigem Pflanzenmaterial insbesondere der Gräser Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*) und Knautgras (*Dactylis glomerata*). Im Jahr 2000 war aufgrund einer ausgeprägten Sommertrockenheit der Pflanzenzuwachs in der Vegetationsperiode zunächst gering und der Verbiss hoch. Bei guten Wachstumsbedingungen im Herbst setzten sich die Futterproben vor allem aus jüngerem Pflanzenmaterial und einem hohen Kräuteranteil (27 % Ertragsanteil) zusammen. Diese botanische Entwicklung repräsentiert sich in einem ausgesprochen hohen Proteingehalt und geringen Faseranteilen in den Futteranalysen. Dementsprechend lagen die Verdaulichkeiten und Energiedichten im Jahr 2000/2001 deutlich über denjenigen des Vorjahres (Tabelle 1).

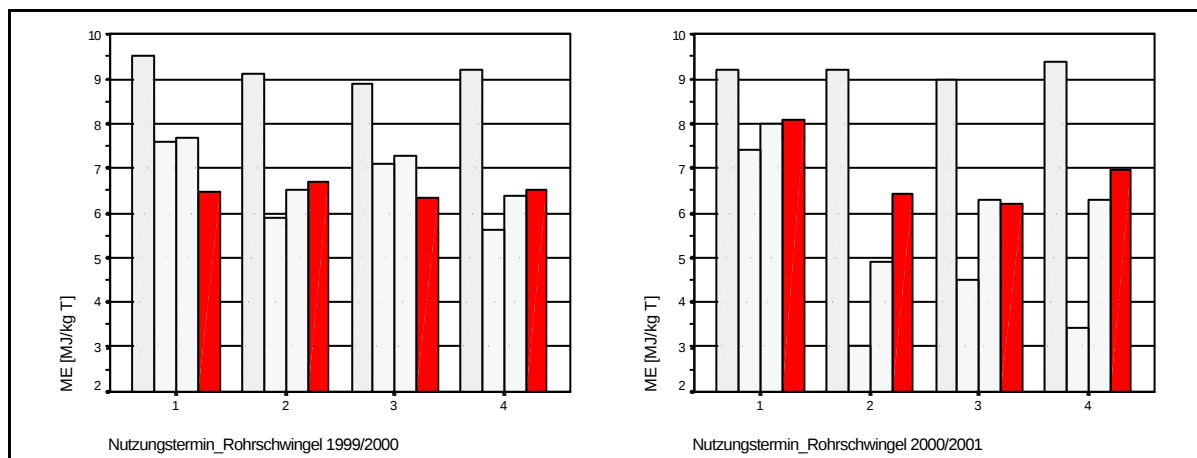
Tabelle 1: Rohrnährstoff-, Faserfraktionsgehalte, Verdaulichkeiten und Energiedichten sowie deren Streuungen (in %) von Winterweidefutter in Abhängigkeit von Pflanzenbestand und Beobachtungsjahr; n = 4

Rohrschwengel		XA	XP	XL	XF	NDF	ADF	ADL	DOM	ME	NEL
		%	%	%	%	%	%	%	%	MJ/kg T	MJ/kg T
1999/ 2000	Mittelwert	11.4	7.0	1.6	29.8	62.7	35.0	3.8	49.4	6.5	3.6
	s	± 0.9	± 1.2	± 0.4	± 1.9	± 2.2	± 1.4	± 0.4	± 1.1	± 0.2	± 0.1
2000/ 2001	Mittelwert	12.0	8.9	1.4	29.3	62.3	33.3	4.1	53.1	6.9	3.9
	s	± 0.4	± 0.9	± 0.6	± 2.0	± 3.0	± 1.4	± 0.8	± 6.0	± 0.8	± 0.6

Weide		XA	XP	XL	XF	NDF	ADF	ADL	DOM	ME	NEL
		%	%	%	%	%	%	%	%	MJ/kg T	MJ/kg T
1999/ 2000	Mittelwert	6.4	9.6	1.7	35.5	71.7	42.9	7.1	41.6	6.0	3.2
	s	± 0.8	± 0.7	± 0.5	± 1.6	± 1.3	± 1.0	± 0.4	± 2.4	± 0.3	± 0.2
2000/ 2001	Mittelwert	14.3	17.9	2.5	23.2	47.8	27.4	3.8	66.1	8.7	5.1
	s	± 1.1	± 1.5	± 0.8	± 2.0	± 3.1	± 1.3	± 0.4	± 4.0	± 0.6	± 0.4

Die Überprüfung von bisher existierenden und zur energetischen Bewertung von Grasaufwüchsen empfohlenen Schätzfunktionen anhand der *in-vivo* ermittelten Ergebnisse erbrachte ein wenig zufriedenstellendes Ergebnis. Die auf den Rohrnährstoffgehalten basierende Schätzgleichung überschätzte in allen Fällen die im Tierversuch ermittelten Energiedichten deutlich (Abbildung 1).

Die Schätzfunktionen auf Basis von *in-vitro*-Verfahren ergaben insgesamt eine bessere Anpassung. Allerdings wiesen die Einzelwerte einen sehr breiten Streubereich auf. Die Energiedichten, geschätzt über den HFT, lagen dabei mit einer Ausnahme konstant über den Schätzwerten auf Basis von ELOS. Nach OPITZ v. BOBERFELD (2002) reflektieren enzymatische als auch chemische Methoden jedoch nicht die spezifischen Effekte von Kräutern und hohen Rohfaser-Konzentrationen. Insgesamt zeigte sich die Schätzfunktion der *in-vitro*-Pansensaft-Methode mit der besten Annäherung an die *in-vivo* ermittelten Energiedichten.



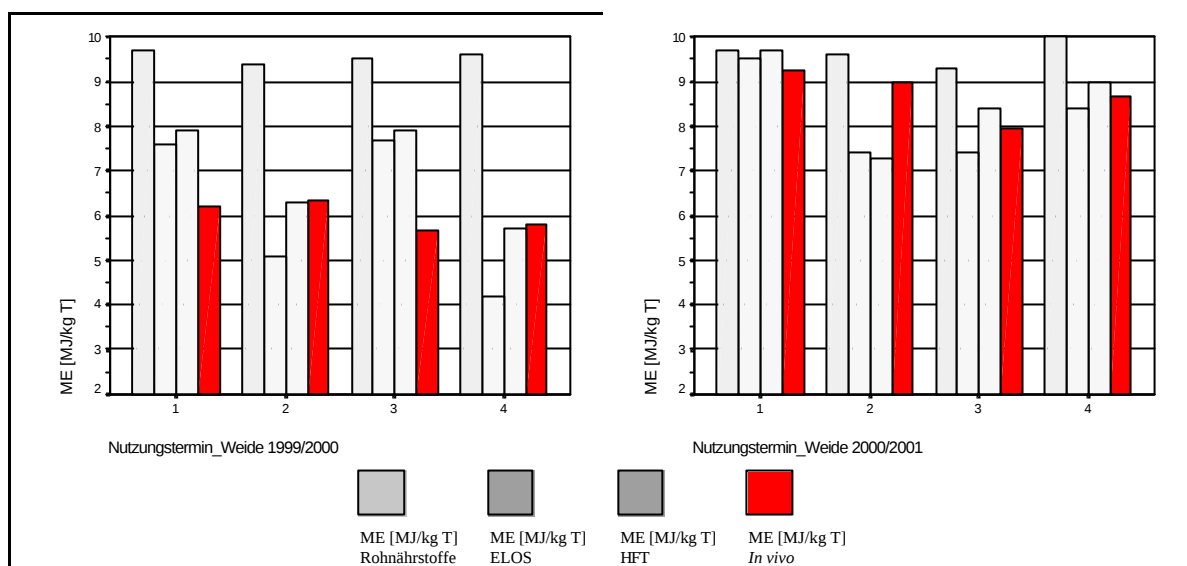


Abbildung 1: Vergleich von Schätzfunktionen für die umsetzbare Energie (ME in MJ/kg T) auf Basis von *in-vitro*- Parametern und Rohrnährstoffgehalten zur im Standardverdauungsversuch ermittelten Energiedichte von Winterweidefutter

Die Ableitung von Schätzfunktionen für Winteraufwüchse aus dem vorliegenden Datenmaterial erfolgte auf Basis der Rohrnährstoffe und von *in-vitro*-Parametern. Insgesamt konnten nur mittlere

Tabelle 2: Beziehungen (r^2) zwischen Energiedichte (MJ ME), Verdaulichkeit (DOM) und Inhaltsstoffen bzw. *in-vitro*-Parameter von Winterweidefutter

	XA	XP	XL	XF	NDF	ADF	ADL	Gb	ELOS
ME [MJ/kg T]	0.50	0.68	0.34	0.71	0.84	0.73	0.34	0.50	0.55
DOM [%]	0.66	0.57	0.24	0.78	0.90	0.85	0.50	0.63	0.50

Bestimmtheitsmaße zwischen Verdaulichkeit der OM bzw. Energiedichte und den *in-vitro*- Parametern beobachtet werden.

Einen weitaus größeren Anteil an erklärbarer Streuung zur Gesamtstreuung erzielten die Rohrnährstoffe XF und XP und darüber hinaus die Faseranteile nach VAN SOEST (Tabelle 2). Mit dem Einbezug dieser Parameter in die Schätzgleichungen lässt sich eine deutliche Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit der Schätzung erzielen.

Basis Rohrnährstoffe

	N	r^2	s_e
ME in MJ/ kg TS = 14.1377 - 0.1163 NDF	16	0.84	0.49
ME in MJ/ kg TS = 3.425 + 0.1134 XF + 0.2693 XP - 0.5680 ADL	16	0.89	0.43

Basis Rohrnährstoffe und *in-vitro*-Parameter

Cellulasemethode (ELOS)

ME in MJ/ kg TS = 12.766 + 0.0168 ELOS - 0.1048 NDF	16	0.84	0.49
ME in MJ/ kg TS = 2.707 + 0.0386 ELOS + 0.1283 XP + 0.1265 XA	16	0.85	0.51

Hohenheimer Futterwerttest (Gasbildung)

ME in MJ/ kg TS = 2.715 + 0.0800 Gb + 0.1743 XP	16	0,89	0,41
---	----	------	------

(Gasbildung in ml/200g; Rohrnährstoffe, Faserfraktionen, ELOS in %; r^2 : Bestimmtheitsmaß ; s_e : Standardfehler des Schätzers)

Mit Hilfe dieser Gleichungen wurde eine bessere Abbildung der Energiedichten des den Tieren im Winter angebotenen Weidefutters möglich. Um jedoch die tierischen Leistungen der Weidetiere plausibel erklären zu können bedurfte es einer Methode, die die Futterqualität des tatsächlich gefressenen Futters beschreiben kann. Nach SCHMIDT et al. (1995) entspricht dieses Futter aufgrund der selektiven Futteraufnahme der Weidetiere nicht dem vorhandenen Weidefutterangebot.

Ein Vergleich der im Hammelkot (Versuch 1) enthaltenen Stickstoffgehalte (g N/kg OM) mit den im Standardverdauungsversuch ermittelten umsetzbaren Energiedichten wies mir $r^2 = 0,75$ eine gute Übereinstimmung auf.

In einem zweiten Versuch konnten nun zur Beantwortung der Frage nach dem Ausmaß des Selektierens bei der Futteraufnahme in einem Praxisexperiment mit zwei Mutterkuhherden die Energiedichte des gesamten Pflanzenaufwuchses mit dem von den Tieren gefressenen Futter verglichen werden. In Abbildung 2 sind die Energiedichten in Abhängigkeit des Weidesystems und der Besatzdichten dargestellt.

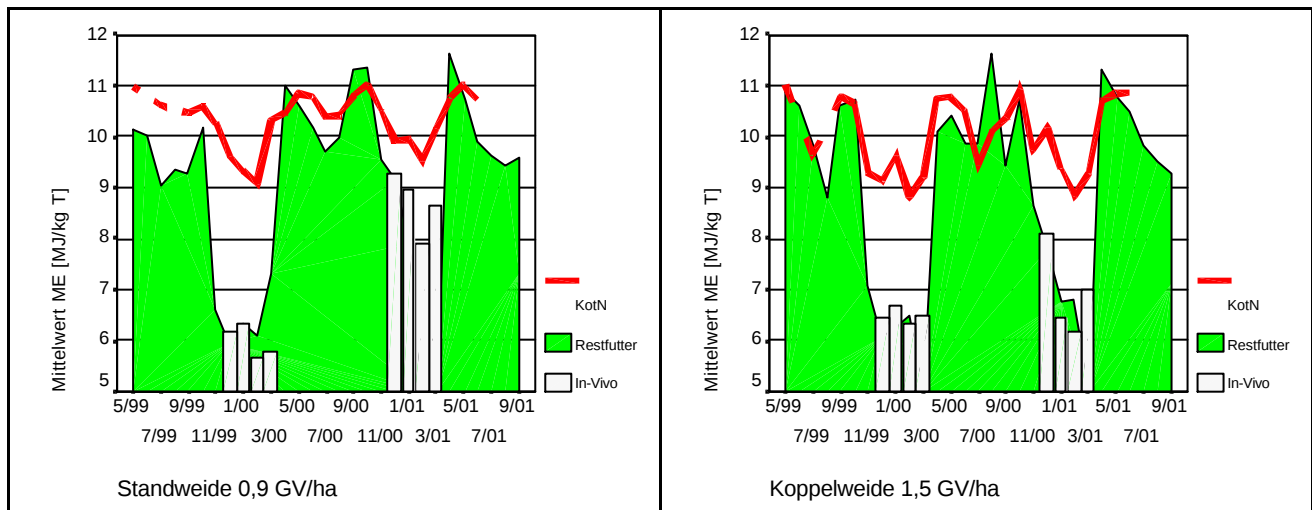


Abbildung 2: Energiedichten des gesamten Pflanzenaufwuchses und des tatsächlich von den Tieren gefressenen Futters in Abhängigkeit des Jahresverlaufs und des Weidesystems (April-Oktober: $ME_{\text{Restfutter}}$ (in MJ/kg T) = $12,47 - 0,00686 \cdot XF + 0,00388 \cdot XP - 0,01335 \cdot XA$, ME_{KotN} (in MJ/kg T) = $0,1520 \cdot \text{DOM} - 0,0029 \cdot XA_K - 0,46$ mit DOM (in %) = $89,55 - 460/\text{KotN}$ (in g/kg OM))

Auf der extensiv geführten Standweide, die den Tieren ein Mindestmaß an Selektionsmöglichkeit bietet lag die Energiedichte (MJ ME) des verzehrten Futters um durchschnittlich 10,3 % höher als im gesamten Pflanzenbestand. Die geringsten Unterschiede traten in Zeiten eines jungen Futterangebots auf (Vegetationsbeginn und Winter 2000/2001). Dies ist auch der Grund, warum bei der intensiveren Koppelweide die Qualität des gefressenen Futters zwischen April und Oktober weitestgehend der Qualität des gesamten Futterangebots entspricht (Tabelle 3). Über den Untersuchungszeitraum lag die Energiedichte (MJ ME) des verzehrten Futters durchschnittlich um 7,4 % über der des gesamten Pflanzenbestands.

Die größten Unterschiede zwischen den Weideverfahren waren in den Wintermonaten zu beobachten. In Abhängigkeit des Futteraufwuchses und dem Ausmaß der Selektionsmöglichkeit wich die Energiedichte (MJ ME) des verzehrten Futters um bis zu 55,6 % (Standweide) bzw. 42,4 % (Koppelweide) von der des gesamten Pflanzenbestands ab. In den Wintermonaten beider Untersuchungsjahre gelang es dabei den Tieren der Standweide das energiereichere Futter aufzunehmen. Ein Indiz dafür, dass eine vielfältige botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestands im Vergleich zu artenreinen Rohrschwengel-Beständen

positive Auswirkungen auf die selektive Futtersuche haben und somit positiv auf die aufgenommene Futterqualität wirken kann.

Tabelle 3: Vergleich der Energiedichte (MJ ME/kg T) des von Weidetieren verzehrten Futters und der des gesamten Pflanzenbestands zweier Weidesysteme in den Jahren 1999-2001

	Standweide 0,9 GV/ha			Koppelweide 1,5 GV/ha		
	verzehrtes Futter (SCHMIDT et al. 1999)	gesamter Pflanzenbestand	Abweichung	verzehrtes Futter (SCHMIDT et al. 1999)	gesamter Pflanzenbestand	Abweichung
	ME [MJ/kg T]	ME [MJ/kg T]	%	ME [MJ/kg T]	ME [MJ/kg T]	%
Insgesamt	10.4	9.4	10.3	10.0	9.4	7.4
1. Versuchsjahr 05/99-04/00	10.2	8.5	19.1	9.9	8.9	11.7
2. Versuchsjahr 05/00-04/01	10.4	10.1	2.8	10.0	9.6	4.0
Veg. periode 05/99-10/99	10.7	9.7	10.3	10.5	10.2	2.8
Veg. periode 05/00-10/00	10.7	10.5	1.8	10.4	10.3	0.5
Winter 11/99-3/00	9.7	6.3	55.6	9.2	6.5	42.4
Winter 11/00-3/01	10.0	8.9	12.9	9.5	7.7	22.7

Letztendlich führt der durch Futterselektion mögliche höhere Futterwert des von den Weidetieren gefressenen Futters extensiver Weidesysteme im Vergleich zu intensiveren Weideformen zu höheren Lebendmassezunahmen insbesondere der Nachkommen und zu einer verbesserten wirtschaftlichen Erlössituation.

4. Zusammenfassung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die derzeit gültigen und empfohlenen Funktionen zur Schätzung der umsetzbaren Energie nur unzureichend zur Beschreibung des Futterwerts von Winterweidefutter geeignet sind. Verschiebungen in den Artengruppen werden von den Faserfraktionsanteilen nach VAN SOEST am besten abgebildet. Diese These ist in weitergehenden Untersuchungen zu bestätigen. Bei ausreichendem Futterangebot nimmt mit der Möglichkeit zum selektiven Fressen die Qualität des vom Weidetier verzehrten Futters zu.

5. Literatur

DE BOEVER, COTTYN, B.G., BUYSSE, F.X., WAIMANN, F.W., VANACKER, J.M. (1986):
The

use of enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs of ruminants.- Anim. Feed Sci. Technol. 14: 203-214.

MENKE, K.H., RAAB, L., SALEWSIK, A., STEINGASS, H., FRITZ, D., SCHNEIDER, W. (1979):

The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with

- rumen liquor in vitro. - J. Agric. Sci. 93(1): 217-222.
- OPITZ V. BOBERFELD (2002): Welche Konsequenzen ergeben sich aus der Schätzung Der Energiedichte bei extensiven Weideverfahren? - Arbeitsunterlagen DLG-Grünlandtagung 2002, Bad Hersfeld: 21-28.
- LANCASTER, R.J. (1949): The measurement of feed intake by grazing cattle and sheep. I. A method of calculating the digestibility of pasture based on the nitrogen content of faeces derived from the pasture. N.Z. J. Sci. Techn.: 31-38.
- SCHENKEL, H. (1998): Methods for Determination of energetic Feed Value - Scientific Base and practical Experience. - Arch. Anim. Nutr. 51: 155-163.
- SCHMIDT, L. (1992): Eine Möglichkeit zur Schätzung der Verdaulichkeit von selektiv aufgenommenem Weidefutter.- AG Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Jahrestagung 29.-31.8.1991, Bad Hersfeld: 91-106.
- SCHMIDT, L.; WEISSBACH, F.; HOPPE, T. (1999): Untersuchungen zur Verwendung der Kotstickstoff-Methode für die Schätzung des energetischen Futterwertes von Weidegras und zum Nachweis der selektiven Futteraufnahme auf der Weide.- Landbauforschung Völkenrode, Heft 3: 123-135.
- SCHMIDT, L., HOPPE, T., WEISSBACH, F. (1995): Untersuchungen zur selektiven Aufnahme von Weidegras durch Rinder. - VDLUFA-Schriftenreihe 40, 107. VDLUFA-Kongress, Garmisch-Partenkirchen: 425-428.
- STEINGASS, H., MENKE, K.-H. (1986): Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. 1. Untersuchungen zur Methode.- Übers. Tierernährung 14: 251-270.
- WOLF, D. (2002) Zum Effekt von Pflanzenbestand, Vornutzung und Nutzungstermin auf Qualität und Masse von Winterfutter. - Diss., Gießen, 127 S.

Entwicklung von NIRS-Kalibrationen für die RP- und NEL-Gehalte von Silomais unterschiedlichen phänologischen Alters

Volkers, Karen C. (Kiel); Jovanovic, Nina J.; Loges, Ralf; Wachendorf, Michael; Taube, Friedhelm

Einleitung:

Maissilage ist ein wichtiges Grundfutter in der Rinderfütterung, nicht nur in Winterrationen, sondern auch als ausgleichendes Grundfutter in der Sommerration bestehend aus Weide. Der Futterwert der Maissilage wird meist als relativ konstant angesehen, obwohl einige Untersuchungen belegen, dass die Futterqualität einer starken Variation unterliegt. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, robuste Kalibrationen für RP- und NEL-Gehalte für Silomais und dessen vegetative und generative Fraktionen zu entwickeln, die hinsichtlich der Stickstoffversorgung (mineralisch+ organisch) und des Alters der Maispflanze hinweg einen weiten Gültigkeitsbereich haben.

Material/Methoden:

Die Maispflanzen wurden in zwei Feldexperimenten gesammelt. Beide wurden auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm der CAU Kiel (Sorte Naxos, S220, 10 Pflanzen/m²) angelegt. Der Maismonokulturversuch wurde mit 0-40 m³ ha⁻¹ Rindergülle und 0-150 kg mineralischem N ha⁻¹ gedüngt. Im Fruchtfolgeversuch wurde der Mais mit 0-25 m³ Gülle ha⁻¹ und 0-100 kg mineralischem N ha⁻¹ versorgt. Während der Wachstumsphase wurden die Varianten alle 14 Tage beprobt. Von 10 Pflanzen (inkl. Stoppel) wurden 5 Pflanzen gehäckselt und eine Probe von 200 g entnommen. Die anderen 5 Pflanzen wurden in Stängel, Blätter und Kolben getrennt und jeweils eine Probe von ca. 150 g entnommen. Die Proben wurden bei 65°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und anschließend mit der Tecatormühle auf 1mm vermahlen. Die vegetativen Proben (Ganzpflanze ohne Kolben; Stängel; Blätter) und die generativen Proben (Ganzpflanze mit Kolben; Kolben) wurden mit dem NIR-System 5000 Monochromator (NIR System, Silver Spring, MD, USA) bei einer Wellenlänge von 1100-2498 nm gemessen.

Ergebnisse:

Tabelle 1: Validationsstatistik für RP- und NEL-Gehalte der Silomaisfraktionen mit Anzahl der Proben (n), Bestimmtheitsmaß (R²), Mittelwert, Messbereich und Standardfehler der Schätzung (SEP).

Vegetative Proben [§]										
Rohprotein % d. TM ⁻¹					Energie MJ NEL kg TM ⁻¹					
Jahr	n	R ²	Mittelwert	Messbereich	SEP	n	R ²	Mittelwert	Messbereich	SEP
1998	25	0.99	14.88	3,4 - 32,57	0.88	29	0.96	5.75	3,63 - 7,36	0.22
1999	26	0.98	15.63	1,42 - 31,10	1.22	30	0.97	5.58	2,87 - 7,36	0.18
2000	31	0.95	7.84	1,5-23,88	1.23	30	0.92	5.83	4,3-7,61	0.31
Generative Proben*										
Rohprotein % d. TM ⁻¹					Energie MJ NEL kg TM ⁻¹					
Jahr	n	R ²	Mittelwert	Messbereich	SEP	n	R ²	Mittelwert	Messbereich	SEP
1998	30	0.96	7.33	4,1 - 11,32	0.42	29	0.97	6.27	4,10-7,92	0.21
1999	31	0.92	7.59	3,72 - 16,35	0.67	28	0.96	6.12	4,23 - 8,42	0.26
2000	26	0.81	7.32	4,38-14,88	0.63	30	0.88	7.39	6,46-8,32	0.31

§: Ganzpflanze ohne Kolben; Blätter; Stengel * : Ganzpflanze mit Kolben; Kolben

Die Validation anhand jährlich aus den Probensätzen ausgewählter unabhängiger Proben zeigt eine befriedigende Schätzgenauigkeit für den RP- und NEL-Gehalt des Silomaises. Bemerkenswert ist, dass die für die Weiterentwicklung der

Kalibration notwendige Probenzahl (hier nicht dargestellt) von durchschnittlich 30 (1998) auf 4 (200) abnahm, ohne dass die Schätzgenauigkeit beeinträchtigt worden wäre.

Zusammenfassung:

Mittels NIRS lassen sich robuste RP- und NEL-Kalibrationen für verschiedene Fraktionen des Silomaises unterschiedlichen Reifestadiums entwickeln.
von durchschnittlich 30 (1998) auf 4 (200) abnahm, ohne dass die Schätzgenauigkeit beeinträchtigt worden wäre.

Einfluss der Maissorte auf Gärqualität, Gärverluste und aerobe Stabilität

Spiekers, Hubert (Bonn)¹; Miltner, R.²; Mues, N.³:

Einführung:

Silomais siliert auf Grund der günstigen Vergärbarkeit relativ gut. Bei Öffnung der Silagemieten ist in der Regel eine gute Gärqualität gegeben. Das Problem in der Praxis sind folgende Nacherwärmungen und Schimmelbildungen. Diese führen zu einer starken Beeinträchtigung der Futterqualität, Futterverlusten und verminderten Futteraufnahmen und Leistungen der damit gefütterten Tiere. Bedingt sind die Nacherwärmungen in erster Linie durch laktatabbauende Hefen. Zur Reduktion oder Vermeidung der Nacherwärmungen sind Maßnahmen zu ergreifen, die den Eintritt von Sauerstoff an der geöffneten Silage minimieren. Ein zweiter Ansatzpunkt ist die Reduktion der Aktivität der Hefen durch Zugabe von chemischen oder biologischen Zusätzen sowie Harnstoff.

In einer Reihe von Versuchen zum Einsatz der Siliermittel zeigte sich ein erheblicher Einfluss des Ausgangsmaterials auf die Silierung und die Nacherwärmung (SPIEKERS und MUES, 2001; KALZENDORF et al., 2002). Selbst bei gleichem Vorgehen in der Ernte und vergleichbarem Ausreifegrad zeigten sich Unterschiede sowohl bei den Kontrollen, als auch bei den behandelten Silagen. Dies warf die Frage auf, ob die Sorte einen Einfluss auf die Kenngrößen der Silierung und die Nacherwärmung hat. Zur Prüfung dieser Frage wurden systematische Anbau- und Silierversuche im Landwirtschaftszentrum Haus Riswick, Kleve, durchgeführt.

Material und Methoden:

Zur Prüfung des Einflusses der Sorte auf die Gäreignung, den Gärverlauf und die aerobe Stabilität wurden in 2000 und 2001 sechs ausgewählte Sorten Mais angebaut und im Silierversuch nach den Leitlinien der DLG in Laborsilos siliert. Die Sorten unterschieden sich gezielt im erwarteten Abreifetermin und dem Abreifeverhalten. Der Anbau der Sorten erfolgte in einfacher Wiederholung auf den gleichen Flächen und nach gleichen Maßgaben. Aussaat, Düngung und Pflanzenschutz erfolgten nach ortsüblichem Vorgehen. Die Einstufung der geprüften Sorten nach der Silo- und Körnerreifezahl ist der Tabelle 1 zu entnehmen. Mit den Sorten 1 bis 3 wurde eine frühere und mit den Sorten 4 bis 6 eine spätere Reifegruppe berücksichtigt.

Tabelle 1: Einstufung der geprüften Maissorten nach Silo- und Körnerreifezahl

Sorte	1	2	3	4	5	6
Silo-Reifezahl	220	220	210	240	250	230
Körner-Reifezahl	210	-	210	250	220	220

¹ Dr. Hubert Spiekers; Landwirtschaftskammer Rheinland; Endenicher Allee 15; 53 115 Bonn
eMail: Hubert.Spiekers@lwk-rheinland.nrw.de

² Reinhard Miltner; Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Münster; eMail: Reinhard.miltner@lk-wl.nrw.de

³ Norbert Mues; Landwirtschaftskammer Rheinland; LWZ Haus Riswick, Kleve

Die Ernte des Mais erfolgte bei 60 % Trockenmasse im Korn, um gleiche Bedingungen zu gewährleisten. Ermittelt wurde die Trockenmasse durch Probebeerntungen. Geerntet wurde der Mais mit einem Feldhäcksler nach üblichen Maßgaben. Mit einem repräsentativen Teil der Ernte erfolgten die Silierversuche.

Das Erntegut wurde zunächst beprobt, um die Gärfähigkeit des Ausgangsmaterial beurteilen zu können. Die Silierversuche erfolgten mit und ohne Zusatz eines DLG- anerkannten Siliermittels der Wirkungsrichtung 2 (aerobe Stabilität). Das Produkt ist ein Gemisch aus homo- und heterofermentativen Milchsäurebakterien.

Durchgeführt wurden die Versuche nach den Leitlinien der DLG zur Prüfung von Siliermitteln. Sowohl bei der Kontrolle, als auch bei den mit den Siliermitteln behandelten Proben wurden drei Laborsilos gefüllt zur Bestimmung des pH-Werts am dritten Tag, um die Gärgeschwindigkeit zu beurteilen. Weitere drei Laborsilos dienten zur Bestimmung der Gärverluste über 90 Tage und der Gärqualität nach 90 Tagen. Die aerobe Stabilität wurde in weiteren drei Laborsilos nach 49 Tagen Lagerdauer und Sauerstoffstress nach 28 und 42 Tagen Lagerdauer bestimmt. Im Jahr 2000 erfolgte die Beobachtung der Temperaturentwicklung über Thermometer, die in den Prüfsilos eingesteckt waren. Das Ablesen erfolgte manuell. Für das zweite Versuchsjahr wurde die automatische Temperaturerfassung nach dem System der Grünlandforschung der FAL Braunschweig genutzt.

Alle Futteranalysen erfolgten über die LUFA Bonn nach den Maßgaben der VDLUFA bzw. den Empfehlungen der Leitlinie der DLG für Silierversuche. Ausgewertet wurden die Silierversuche mit dem Programm von Honig.

Ergebnisse:

Die Maßgabe von etwa 60 % Trockenmasse im Korn bei der Ernte wurde in beiden Versuchsjahren eingehalten. Aus der Tabelle 2 sind die Analysedaten für das Ausgangsmaterial ersichtlich. Trotz der Ernte bei gleichem Trockenmassegehalt im Korn von 60 % ergaben sich sowohl im Erntejahr 2000, als auch in 2001 erhebliche Unterschiede im Trockenmassegehalt. In 2000 waren diese mit 28 bis 36 % Trockenmasse erheblich größer als in 2001 mit 30 bis 33 %. Ebenfalls unterschiedlich war das Niveau der Nitratgehalte. In 2001 lagen die Werte durchgängig auf einem sehr niedrigen Niveau.

Tabelle 2: Analysenergebnisse im Ausgangsmaterial der geprüften Maissorten

Sorte	TM %	Rohprotein g/kg TM	Nitrat mg/kg TM	WLK* g/kg TM	PK** g Milchsäure/kg TM	Milchsäurebakterien KBE, log/kg	Vergärbarkeitskoeffizient
Erntejahr 2000							
1	28	81	440	45	44	9,1	36
2	31	77	460	90	34	8,2	52
3	34	77	310	77	38	8,7	49
4	31	73	160	342	27	7,6	132
5	33	78	250	119	38	7,8	57
6	36	75	250	125	25	7,7	75
Erntejahr 2001							
1	31	85	20	115	25	9,5	68
2	32	78	80	183	37	9,3	71
3	30	88	4	141	21	9,6	84
4	33	78	3	288	20	9,2	148
5	30	79	6	98	25	9,4	61
6	32	80	50	181	38	9,4	70

* WLK – Wasserlösliche Kohlenhydrate; ** PK - Pufferkapazität

Auffällig waren die großen Differenzen im Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten zwischen den Sorten. Die größten Unterschiede zwischen den Sorten zeigten sich im Jahr 2000 mit einer Spanne von 45 Gramm bei der Sorte 1 und 342 Gramm wasserlöslichen Kohlenhydrate je kg Trockenmasse bei der Sorte 4. Bei der Sorte 4 zeigte sich nur eine bedingte Einkörnung. Im Folgejahr lag die Sorte 4 mit 288 g wasserlöslichen Kohlenhydraten je kg TM wiederum sehr hoch.

Insgesamt lag das Niveau der wasserlöslichen Kohlenhydraten in 2001 auf einem hohen Niveau. Dies drückt sich auch in den hohen Werten für die Vergärbarkeitskoeffizienten aus. Mit Ausnahme der Sorte 1 in 2000 war durchgängig eine gute Vergärbarkeit zu erwarten. Dies bei relativ hohen Besätzen an Milchsäurebakterien.

Auf Grund der günstigen Ausgangsbedingungen zeigte sich wie zu erwarten eine schnelle Ansäuerung. Die pH-Werte nach drei Tagen Lagerdauer lagen mit Ausnahme der Sorte 5 in 2000 durchgängig unter 4,0. Ein Einfluss des Silierzusatzes war bei keiner der geprüften Sorten ersichtlich (siehe Tabelle 3). Anders war dies nach 90 Tagen Lagerdauer.

Tabelle 3: Ansäuerung (pH-Wert 3. Tag), Gärverlust und Gärqualität nach 90 Tagen Silierdauer

Behandlung Sorte	Kontrolle				Kombinationsprodukt			
	pH-Wert 3. Tag	pH-Wert 90 Tage	Gärverlust %	DLG- Punkte	pH-Wert 3. Tag	pH-Wert 90 Tage	Gärverlust %	DLG- Punkte
Erntejahr 2000:								
1	3,79	3,87	6,1	90	3,89	4,47	5,9	80
2	3,88	3,90	4,0	98	3,83	4,29	5,1	70
3	3,83	3,91	3,6	95	3,82	4,24	4,9	74
4	3,82	3,79	6,7	82	3,84	3,89	7,0	84
5	4,16	4,06	4,3	82	4,14	4,25	6,0	82
6	4,03	3,90	5,3	87	4,01	4,04	4,6	87
Erntejahr 2001:								
1	4,00	4,10	5,9	94	3,99	4,22	5,9	91
2	3,92	3,91	4,5	86	3,92	4,22	5,3	95
3	3,92	3,88	5,2	92	3,89	4,44	6,8	90
4	3,95	3,93	5,2	96	3,91	4,38	6,6	72
5	3,92	4,00	5,8	90	3,95	4,22	6,0	90
6	3,97	3,96	4,5	88	3,94	4,45	5,9	83

In den Kontrollgruppen zeigte sich nur eine geringe Änderung im pH-Wert über die Lagerzeit. Es resultierten durchweg gute Gärqualitäten bei merklichen Unterschieden im Gärverlust. Die Rangierung der Sorten zwischen den Jahren war verschieden. Bei Zusatz des Kombinationsprodukts ergab sich je nach Sorte ein unterschiedlicher Anstieg im pH-Wert. Ein Einfluss des Produkts war mit Ausnahme der Sorte 4 in 2000 ersichtlich. Auf Grund der Änderungen im Gärmuster ergaben sich auch Verschiebungen in den DLG-Punkten. Die Gärverluste waren durch den Zusatz erhöht, wobei die Unterschiede je nach Sorte unterschiedlich waren. Ein eindeutiger Effekt der Sorte war jedoch nicht ersichtlich.

Die Daten zum Besatz mit laktatabbauenden Hefen nach 49 Tagen Lagerdauer mit Luftstress und die Ergebnisse der sich anschließenden Stabilitätsprüfung sind aus der Tabelle 4 ersichtlich. Der gemessene Hefebesatz war in 2000 sowohl bei den unbehandelten Silagen als auch bei den Silagen mit Zusatz des Kombinationsprodukts niedrig. Im zweiten Versuchsjahr zeigten sich merkliche

Unterschiede zwischen den Sorten. Durch Zusatz der Milchsäurebakterien bei den betroffenen Sorten 3 bis 5 war eine Reduktion des Besatzes mit Hefen ersichtlich.

Tabelle 4: Besatz mit Laktatabbauenden Hefen, aerobe Stabilität und pH-Wert nach der Stabilitätsprüfung von Silomais, $n = 3$, $\bar{x} \pm s$

Behandlung	Kontrolle			Kombinationsprodukte		
Sorte	Hefen KBE log/kg	Stabilität Tage	pH-Wert	Hefen KBE log/kg	Stabilität Tage	pH-Wert
Erntejahr 2000:						
1	3,1	$2,7 \pm 1,2$	$5,6 \pm 0,3$	3,0	$9,0 \pm 0$	$3,9 \pm 0,1$
2	3,0	$4,0 \pm 0$	$6,4 \pm 0,1$	3,0	$7,0 \pm 0$	$3,9 \pm 0,1$
3	3,0	$4,0 \pm 2,7$	$5,6 \pm 1,3$	3,0	$8,0 \pm 0$	$4,0 \pm 0,1$
4	3,1	$2,7 \pm 0,6$	$6,5 \pm 0,1$	3,5	$5,7 \pm 2,5$	$4,3 \pm 0,7$
5	3,0	$9,0 \pm 0$	$4,0 \pm 0,1$	3,0	$9,0 \pm 0$	$5,9 \pm 0,1$
6	3,3	$5,7 \pm 0,6$	$6,5 \pm 0,1$	3,0	$6,3 \pm 3,1$	$4,8 \pm 1,2$
Erntejahr 2001:						
1	3,1	$2,5 \pm 0,5$	$6,3 \pm 0,1$	3,0	$2,7 \pm 0,4$	$6,5 \pm 0,1$
2	3,0	$1,4 \pm 0,5$	*	3,0	$1,7 \pm 0,1$	*
3	6,8	$1,6 \pm 0,7$	$6,2 \pm 0,3$	3,6	$3,3 \pm 1,5$	$6,8 \pm 0,2$
4	5,9	$1,1 \pm 0,5$	*	3,0	$5,3 \pm 2,2$	*
5	6,0	$2,1 \pm 0,9$	$7,1 \pm 0,1$	4,2	$2,0 \pm 0,5$	$7,2 \pm 0$
6	3,0	$2,1 \pm 0,1$	*	3,9	$2,0 \pm 0,7$	*

* keine Messung, da Proben nach Versuchsende verdorben

In der aeroben Stabilität der Silagen zeigte sich im ersten Versuchsjahr bei der Kontrolle eine erhebliche Differenzierung. Die Sorten 1 und 4 erwiesen sich als eher instabil. Bei der Sorte 5 war eine vollständige Stabilität gegeben. Nach 9 Tagen aerober Lagerung lag der pH-Wert noch bei 4,0. Im zweiten Versuchsjahr war insgesamt eine erheblich schlechtere aerobe Stabilität der Silagen gegeben. Die Sorte 1 war vergleichsweise günstig und die Sorte 4 hatte wie im ersten Jahr eine niedrige Stabilität. Ein Teil der Silagen war nach neun Tage aerober Lagerdauer so verdorben, dass sich die Messung der pH-Werte erübrigte.

Durch Zusatz der Milchsäurebakterien war in den beiden Versuchsjahren eine Verbesserung der aeroben Stabilität gegeben. Die Wirkung war jedoch von Sorte zu Sorte verschieden. Bei der Sorte 4 war in beiden Jahren ein erheblicher Effekt zu verzeichnen. Praktisch ohne Wirkung war der Zusatz im zweiten Versuchsjahr bei den Sorten 1, 2, 5 und 6. Die Rangierung der Sorten war von Jahr zu Jahr verschieden.

Insgesamt waren somit sowohl mit als auch ohne Zusatz von homo- und heterofermentativen Milchsäurebakterien erhebliche Unterschiede in der Stabilität gegeben. Teils in Übereinstimmung zum Besatz an Laktatabbauenden Hefen. Ein klarer Einfluss der Sorte war jedoch nicht ersichtlich, da sich die Rangierung der Sorten von Jahr zu Jahr verschob.

Diskussion:

Mit den Versuchen ist es gelungen stark unterschiedliche Gärverluste, Gärqualitäten und aerobe Stabilitäten in Abhängigkeit von der Sorte, den Zusatz von homo- und heterofermentativen Milchsäurebakterien und dem Erntejahr aufzuzeigen. Durch die Ernte bei 60 % Trockenmasse im Korn war der Effekt des Erntetermins minimiert. Erklärungen für die Unterschiede können aus den verfügbaren Daten zum

Ausgangsmaterial nur zum Teil gegeben werden. Bei der Sorte 4 kann der sehr hohe Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten auf Grund der verringerten Einkörnigkeit als ursächlich für die Abweichungen zu den anderen Sorten angesehen werden. Ansonsten überrascht, dass zum Beispiel die Sorte 1 mit dem geringsten Trockenmassegehalt von 28 % im Versuchsjahr 2000 die schlechteste aerobe Stabilität aufwies. Die insgesamt niedrigere aerobe Stabilität in 2001 kann zum Teil durch die höheren Besätze mit laktatabbauenden Hefen erklärt werden. Als weitere Ursache ist die unterschiedliche Methodik der Erfassung zu diskutieren. Durch den Einbau der automatischen Messung in 2001 wurden einige Änderungen wirksam. In anderen Versuchen war jedoch eine vollständige Stabilität gegeben, so dass dem Einfluss des Erntejahres wahrscheinlich größere Bedeutung zukommt.

Trotz der teils großen Unterschiede zwischen den Sorten ist eine Sortenabhängigkeit der untersuchten Kriterien nicht zu sichern, da die Rangierung der Sorten in den beiden Jahren verschieden war. Auf Grund der Ergebnisse wurde daher in 2002 ein weiteres Versuchsjahr angehängt. Die vorliegenden Ergebnisse sind auf jeden Fall so bedeutsam, dass sich die Anlage weiterer Versuche empfiehlt. Dies betrifft zum einen den Sorteneffekt und zum anderen die Einflussgrößen auf die aerobe Stabilität. Neben den unbehandelten Kontrollen sollten hierbei auch die Silierzusätze weiter geprüft werden. Es zeigte sich im vorliegenden und in den eingangs schon angesprochenen Versuchen von SPIEKERS und MUES 2001 und KALZENDORF et al., 2002, dass keine volle Wirkungssicherheit der Zusätze bestand. Die Ursachen dieser Unterschiede gilt es abzuklären.

Zusammenfassung:

Zur Prüfung des Einflusses der Sorte auf die Gärqualität, die Gärverluste und die aerobe Stabilität bei Silomais wurden 6 Sorten in 2 Versuchsjahren geprüft. Es zeigten sich erhebliche Unterschiede in Abhängigkeit von der Sorte, dem Erntejahr und dem Zusatz von homo- und heterofermentativen Milchsäurebakterien. Die Rangierung der Sorten war zwischen den Jahren verschieden, so dass die Sortenabhängigkeit nicht zu sichern war. Es empfehlen sich weitere Versuche zur Prüfung des Einflusses der Sorte und des Ausgangsmaterials auf die aerobe Stabilität. In Haus Riswick ist ein drittes Versuchsjahr angelaufen.

Literatur:

SPIEKERS, H.; N. MUES (2001): Futterwert und Siliereignung von Maissilagen in Abhängigkeit vom Sortentyp; Riswicker Ergebnisse 2/2001, Kleve

KALZENDORF, C.; F. HERTWIG; H. JÄNICKE; M. Sommer; H. SPIEKERS; J. THAYSEN (2002): Wirkungen von Siliermitteln der Wirkungsrichtung 2 auf die aerobe Stabilität von Gras- und Maissilagen - Gemeinschaftversuch der nordwestdeutschen Landwirtschaftskammern, der Landesanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg Vorpommern und dem Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft Brandenburg – Versuchsbericht, Oldenburg

Autoren:

Dr. Hubert Spiekers
Landwirtschaftskammer Rheinland
Endenicher Allee 15

53 115 Bonn
Hubert.Spiekers@lwk-rheinland.nrw.de

Reinhard Miltner
Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Münster
Reinhard.miltner@lk-wl.nrw.de

Norbert Mues
Landwirtschaftskammer Rheinland
LWZ Haus Riswick, Kleve

Zum Einfluss von Sorte und Erntezeitpunkt auf den Futterwert von Silomais

Ettle, T. und Schwarz, F.J. (Freising):

In einer zweifaktoriellen Versuchsanstellung wurden zwei Maissorten (A: S 240, „stay green- Typ“ und B: S 210, „dry down- Typ“) unter identischen Bedingungen angebaut (VR 1), von denen zu jeweils 2 verschiedenen Reifestadien (Vorgabe: 30-32 und 38-42 % T) Maissilagen erstellt wurden. Die Einschätzung des Reifegrades zur Wahl des Erntezeitpunkts erfolgte anhand der T-Gehalte von Kolben, Rest- und Gesamtpflanze repräsentativer Stichproben, welche ab Ende August in 10 bis 14tägigem Abstand gezogen wurden. Da Jahreseffekte zu erwarten waren, wurden die Versuche im Folgejahr (VR 2) unter identischen Bedingungen wiederholt. Die Verdaulichkeit der Silagen wurde an 20 (VR 1) bzw. 16 (VR 2) Hammeln mit Hilfe der konventionellen Kotsammelmethode ermittelt. In einem acht- (VR 1) bzw. siebenwöchigen (VR 2) Fütterungsversuch wurde der Einfluss der Maissilagen auf Futteraufnahme, Milchleistungskriterien und Lebendmasseentwicklung von 44 (VR 1, n=11 je Behandlung) bzw. 48 (VR 2, n=12 je Behandlung) Milchkühen überprüft.

Die Sorte A wies über beide VR hinweg höhere Kolben-T-Gehalte bei niedrigeren Restpflanzen-T-Gehalten (58,9 % und 23,7 %) gegenüber der Sorte B (54,9 % und 26,7 %) auf. Dabei hatte die Sorte A gegenüber der Sorte B in beiden VR zu jedem Erntezeitpunkt einen etwas niedrigeren prozentualen Kolbenanteil (im Mittel 54,9 % gegenüber 58,8 %). Das Reifestadium beeinflusste erwartungsgemäß die Inhaltsstoffe von Kolben und Restpflanze deutlich, während in Abhängigkeit von der Sorte kaum Unterschiede zu erkennen waren.

Mit Ausnahme der VR1, Sorte B, Erntezeitpunkt 2, bei dem mit 48,7 % ein deutlich zu hoher T-Gehalt der Maissilage vorlag, erreichten alle Maissilagen den Bereich des experimentell vorgegebenen T-Gehaltes von etwa 30-32 % zum Erntezeitpunkt 1 bzw. 38-40 % zum Erntezeitpunkt 2. Über beide VR hinweg wies die Sorte B gegenüber A geringfügig niedrigere Rohasche- und Rohfettgehalte, aber auch verstärkt niedrigere Rohfasergehalte bei gleichzeitig höheren Stärkegehalten auf. In der VR1 lag die Verdaulichkeit der organischen Substanz bei der Sorte A im Mittel bei etwa 77 % während sie bei der Sorte B 80 % betrug, in VR2 ergab sich ein sehr einheitlicher Wert von etwa 77 %. Dabei verringerte sich für die Sorte B in beiden VR die Verdaulichkeit der organischen Substanz mit späterem Erntezeitpunkt tendenziell, während sich dieser Wert für die Sorte A erhöhte.

Während im Milchviehfütterungsversuch die Maissorte im Mittel beider Versuchsjahre nur einen geringen Einfluss auf die Höhe der täglichen Gesamtfutteraufnahme ausübte (A 17,2 kg T/Tier und B 16,9 kg T/Tier), erhöhte der Erntezeitpunkt 2 gegenüber dem Erntezeitpunkt 1 die tägliche Gesamtfutteraufnahme signifikant von 16,4 auf 17,8 kg T/Tier. Die tägliche Milchmengenleistung mit im Mittel 24,9 kg pro Kuh (VR1) bzw. 25,2 kg pro Kuh (VR2) wurde in keiner der beiden VR von der unterschiedlichen Maissilage oder dem Erntezeitpunkt signifikant beeinflusst. Allerdings ergab sich in beiden VR übereinstimmend ein numerischer Vorteil von 1,1 kg bzw. 0,7 kg Milch pro Kuh und Tag zugunsten der Sorte A gegenüber B. Die Sorte B erhöhte den Milcheiweißgehalt mit 3,57 % gegenüber der Sorte A um 0,1 %. Der durchschnittliche Fett-, Laktose- und Milchlarnstoffgehalt betrug in beiden VR über alle Behandlungen hinweg 3,88 %, 4,71 % und 26 mg/100 ml.

Untersuchungen zur Wasseraufnahme von Milchkühen

Meyer, Ulrich (Braunschweig); Everinghoff, Matthias; Gädeken, Dieter; Flachowsky, Gerhard

Das Wasser übt im Körper von Milchkühen eine Vielzahl von Funktionen aus. Es ist für alle chemischen Abläufe im Tier unabdingbar, fungiert als Transport- und Lösungsmittel, unterstützt die Abfuhr überschüssiger Wärme und ist der wesentliche Bestandteil der Milch. Einer angemessenen Wasserversorgung kommt somit höchste Bedeutung zu. Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Ermittlung der Bedeutung verschiedener Einflussgrößen auf die Wasseraufnahme und die Ableitung einer Gleichung zur Schätzung der Wasseraufnahme.

Der Untersuchung lagen zwei über einen Zeitraum von 135 bzw. 95 Tagen andauernde Fütterungsversuche mit jeweils 60 Milchkühen der Rasse „Deutsche Holstein“ zu Grunde. Die Ration bestand neben Kraftfutter aus Grassilage sowie einer Mischung aus Gras- bzw. Luzerne- und Maissilage. Die Kühe hatten ständig die Möglichkeit zur Wasseraufnahme. Die ermittelten Einflussgrößen und deren Variabilität sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Variabilität der untersuchten Einflussgrößen

Variable	Mittelwert	Standardabw.	Min	Max
Temperatur (°C)	8,6	7,1	- 5,6	23,3
Rel. Luftfeuchtigkeit (%)	77,0	12,5	46,0	100,0
Milchmenge (kg/ Tag)	31,1	7,7	5,6	59,2
Futteraufnahme (kg T/ Tag)	20,5	3,9	1,81)	36,8
T gesamte Ration (%)	54,5	9,5	21,4	87,5
Lebendmasse (kg)	627,6	61,3	466,0	812,0
Grundfutteranteil (%)	47,4	10,2	01)	95,1
Laktationstag	133,0	71,5	8,0	302,0
Laktationsnummer	2,7	1,5	1,0	10,0
FWA2) (kg/ Tag)	81,5	19,1	14,2	171,4

1) Störung der Futteraufnahme in Einzelfällen

2) Freie Wasseraufnahme

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SAS, wobei das Stepwise-Verfahren zur Durchführung der multiplen Regressionsanalyse verwendet wurde. Als Ergebnis der Auswertung wurde folgende Gleichung für die Schätzung der Wasseraufnahme von Milchkühen abgeleitet (r^2 : 0,58):

$$\begin{aligned}
 \text{FWA} = & - 39,216 + 1,536 \times \text{mittlere Temperatur (°C)} + 1,536 \times \text{Milchleistung (kg/Tag)} \\
 & + 0,368 \times \text{Futteraufnahme (kg T/Tag)} + 0,149 \times \text{Trockensubstanz der Ration (\%)} \\
 & + 0,065 \times \text{Lebendmasse (kg)} + 0,047 \times \text{Laktationstag}
 \end{aligned}$$

Nachweis von tierischen Bestandteilen in Futtermitteln mit Hilfe der Polymerase-Kettenreaktion (PCR)

Egert, Michael (Oldenburg)¹ und Pecoraro, Sven (München)

Der erste BSE-Fall in Deutschland hat zu einem generellen Verfütterungsverbot von proteinhaltigen Erzeugnissen aus dem Gewebe warmblütiger Landtiere und Fische an alle Nutztiere geführt (Ausnahme: proteinhaltige Erzeugnisse oder Fette aus Geweben von Fischen zur Verfütterung an Nutztiere, die keine Wiederkäuer sind). Mit dem Verfütterungsverbot ging ein Bedarf an analytischen Methoden zum Nachweis von tierischen Bestandteilen in Mischfuttermitteln einher. Mit der Mikroskopie steht ein etabliertes und amtliches Untersuchungsverfahren zur Verfügung. Die Mikroskopie wurde in zahlreichen nationalen und internationalen Ringversuchen geprüft und hat sich bei der Kontrolle von Futtermitteln bewährt. Da in der Mikroskopie charakteristische, mikroskopisch erfaßbare Strukturen, wie z.B. Knochenfragmente, Muskelfasern, Federn, Schuppen usw. detektiert werden, hat die Mikroskopie bei "strukturlosen" Proben, wie z.B. Gelatine und Tierfett, naturgemäß ihre Grenzen. Auch ist die Zuordnung von mikroskopisch erkennbaren Muskelfasern zu einer bestimmten Tierart nicht möglich. Bei der Beantwortung dieser Fragestellungen können molekularbiologische Methoden die Mikroskopie unterstützen und ergänzen.

Die Erarbeitung einer solchen PCR-Methode zum Nachweis tierischer Bestandteile in Futtermitteln soll hier dargestellt werden. Entscheidend für jede PCR-Methode ist die Auswahl der geeigneten Primer. Mit universellen Primern werden im Tierreich ubiquitär vorkommende DNA-Sequenzen, z.B. mitochondriale Markergene wie das Cytochrom b-Gen, nachgewiesen.

Tiermehl wird unter Druck auf eine Temperatur von 133 °C erhitzt. Die DNA unterliegt dabei einer starken Degenerierung. Um auch Spuren dieser stark degenerierten DNA erfolgreich mit Hilfe einer PCR-Reaktion nachweisen zu können, müssen die Primerpaare so gewählt werden, daß auch kleine DNA-Fragmente noch vervielfältigt werden. Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben wurden geeignete Primerpaare gesucht. Dazu wurde die Cytochrom b DNA-Sequenz von 54 verschiedenen Tierarten, darunter die aller relevanten Haustierarten, verglichen und auf Bereiche mit besonderer Sequenzhomologie hin überprüft. 6 potentiell geeignet erscheinende Primerpaare wurden weitergehend getestet. Die Primerpaare H15149M/HM9 und K12-2/K13 zeigten sich dabei als besonders gut geeignet.

Das Primerpaar H15149M/HM9 führte mit der DNA von 26 getesteten Tierarten jeweils zu einem 263 bp großen Amplifikat. Darunter u.a. mit der DNA der folgenden Tierarten:

Hausschwein, Wildschwein, Hausrind, Schaf, Ziege, Pferd, Damhirsch, Reh, Rothirsch, Büffel, Springbock, Känguruh, Huhn, Ente, Gans, Pute, Strauß, Kaninchen, Hase, Hund, Katze und Mensch.

Mit dem Primerpaar K12-2/K13 wurden mit DNA der genannten Tierarten jeweils 165 bp große Amplifikate erzielt. Mit der DNA von insgesamt 11 getesteten Pflanzenarten, darunter die futtermittelrelevanten Kulturpflanzen, wurden keine Amplifikate generiert.

¹ eMail: Egert.Michael@Lawikhan.de

Mit beiden Primerpaaren ließ sich in verschiedenen Tiermehlproben (Geflügel-, Tier-, Fischmehle) tierische DNA nachweisen. Umfangreiche Prüfungen an praxisrelevanten Futtermitteln mit unterschiedlichen Anteilen an Tiermehlen verliefen erfolgreich.

Die Primerpaare H15149M/HM9 und K12-2/K13 wurden ebenfalls erfolgreich in zwei Ringversuchen überprüft. Bei den Proben in den Ringversuchen handelte es sich sowohl um reine Tiermehle (100 % Fischmehl, 100 % Geflügelmehl, 100 % Tiermehl) als auch um definierte Mischproben mit einem Tiermehl-Anteil von 0,1 %, 0,5 % und 3 %. Insgesamt wurden über 130 Futtermittelproben mit unterschiedlichen Anteilen an definiert hergestellten Tiermehlen der Tierarten Rind, Schwein, Huhn und Schaf überprüft. Als Futtermittelbasis wurde ein Milchleistungsfutter verwendet. Zusätzlich wurde eine Mischprobe mit einem Anteil von jeweils 0,1 % der aufgeführten Tierarten erfolgreich überprüft.

Die Nachweisgrenze der PCR-Methode hängt u.a. ab von Inhibitoren, von der Fähigkeit diese zu entfernen, von der DNA-Extraktion, vom Schädigungsgrad der DNA, von der Art des Probenmaterials und vom verwendeten Primerpaar. Deswegen kann die Nachweisgrenze nur produkt- und verfahrensspezifisch ermittelt werden. Bei Bedarf kann die Nachweisgrenze durch Schritte wie Einsatz von mehr DNA in der PCR, Verwendung weiterer Primer, Erhöhung der Zyklenzahl oder Durchführung einer 'nested'-PCR gesenkt werden. Mit der vorliegenden Methode konnte im Ringversuch ein Anteil von 0,1 % tierischer Bestandteile in definiert hergestellten Proben nachgewiesen werden.

Eine enzymatische Spaltung der, mit den Primerpaaren H15149M/HM9 und K12-2/K13 erzielten, PCR-Produkte ermöglicht die Identifizierung einzelner Tierarten (z.B. von Rind) über Restriktionsfragment-längenpolymorphismus-Analyse (RFLP-Analyse).

Mit H15149M/HM9 und K12-2/K13 stehen zwei tierspezifische Primerpaare für den universellen Nachweis tierischer Bestandteile in Futtermitteln zur Verfügung. Sie erlauben den Nachweis tierischer DNA in geringsten Spuren von hocherhitztem Probenmaterial. Es wird empfohlen, für den Nachweis tierischer Bestandteile beide aufgeführten Primerpaare parallel einzusetzen.

Die PCR-Untersuchung mit den Primerpaaren H15149M/HM9 und K12-2/K13 kann die Mikroskopie ergänzen und unterstützen. Beide Primerpaare sind Bestandteil einer in zweiter Lesung von der Fachgruppe Futtermittel des VDLUFA verabschiedeten VDLUFA-Verbandsmethode.

Nachweis tierischer Bestandteile in Futtermitteln durch den Nachweis von Carnosin mittels HPLC

Schönherr, Jens (Leipzig)¹:

Als Folge des Auftretens von BSE in Deutschland im November 2000, wurde die Verfütterung und das Inverkehrbringen von proteinhaltigen Erzeugnissen aus Geweben warmblütiger Landtiere und Fische in Deutschland verboten. Die amtliche Methode zum Nachweis tierischer Bestandteile in Futtermitteln ist die Mikroskopie (Richtlinie 98/88/EG). Mit der Methode können tierische und pflanzliche Bestandteile unterschieden werden. Sie ist international validiert und hat eine niedrige, wenn auch nicht exakt benennbare Nachweisgrenze. Die Methode erfordert erfahrenes Fachpersonal und ist kaum automatisierbar. Da es sich um eine Schätzmethode handelt, ist ihr "subjektiver Charakter" immer wieder Grund für Diskussionen.

Es wurde deshalb eine chemisch analytische Methode zum qualitativen Nachweis tierischer Bestandteile in Futtermitteln entwickelt. Der Nachweis der tierischen Bestandteile erfolgt über die Bestimmung des Dipeptides Carnosin (β -Alanyl-Histidin) mittels HPLC. Diese Verbindung kommt in z.T. hoher Konzentration in Muskulatur (u.a. Geweben) von Wirbeltieren vor, jedoch nicht in pflanzlichen Geweben. Die Technik der Wahl ist die HPLC, da diese Methode weit verbreitet und in nahezu jedem Futtermittellabor etabliert ist. Sie kann von technischem Laborpersonal beherrscht werden und ist gut automatisierbar. Ein wichtiger Vorteil ist die erheblich größere Probenmenge, die im Vergleich zur Mikroskopie untersucht werden kann, was besonders im Hinblick auf die Verschleppungsproblematik von Bedeutung ist.

Die Methode beruht auf folgendem Prinzip: Die Probe wird mit destilliertem Wasser extrahiert. Durch Zusatz von 10%-iger Sulfosalicylsäure werden die Proteine weitgehend gefällt. Ein aliquoter Teil des Überstandes wird über eine Propylsulfonsäure-Festphasensäule (PRS-Säule) gereinigt und dabei konzentriert. Nach einer Derivatisierung mit N-Chloroformylcarbazol (CFC) wird das Carnosin mittels Umkehrphasen-Hochdruckflüssigkeits-Chromatographie (RP-HPLC) an einer C18-Phase unter Verwendung eines Fluoreszenzdetektors oder eines UV-Detektors bestimmt.

Die statistischen Kenndaten der Methode wurden nach DIN 32645 unter Anwendung der Kalibriergeradenmethode (Berechnung über die Fläche) ermittelt. Die Nachweisgrenze für Carnosin beträgt bei Gradientenelution und erhöhtem Injektionsvolumen (200 μ l) ca. 0,1 ppm, bei isokratischer Elution und 20 μ l Injektionsvolumen 0,54 ppm (siehe Literatur). Die Wiederholbarkeit liegt bei 3,8% (n=8).

¹ Jens.Schoenherr@Leipzig.LfL.SMUL.Sachsen.de

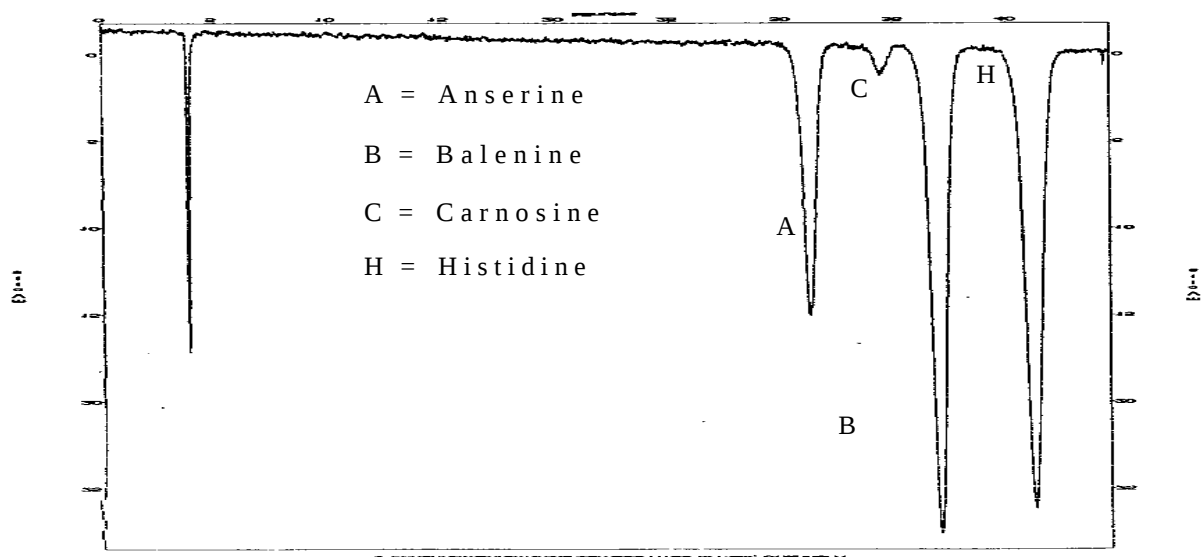


Abb.1: Chromatogramm der Trennung eines Standardgemisches.

Der Nachweis der Korrelation zwischen dem Gehalt an Carnosin in Futtermitteln und deren Gehalt an tierischen Bestandteilen wurde durch die definierte Zumischung von Tiermehl zu identischen Futtermischungen geführt. Die Mischungen wurden aus Weizen (1000 g), Gerste (560 g), Mineralstoffgemisch (60 g) und Sojaextraktionsschrot (380 g) hergestellt. Mit steigendem Tiermehl Anteil (0%, 0,1%, 0,5%, 1%, 3%) wurde der Gehalt an Sojaextraktionsschrot ausgleichend gesenkt.

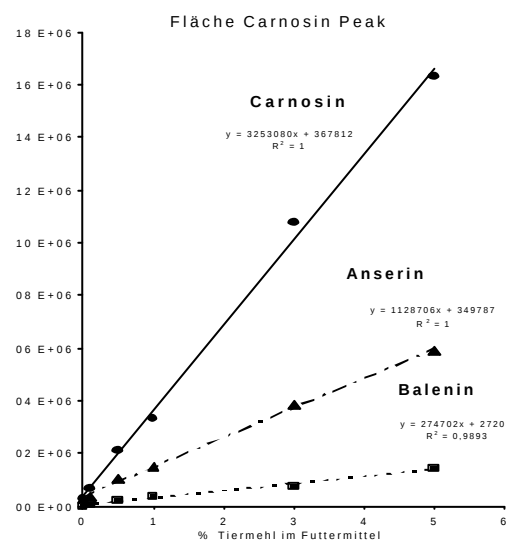


Abb.2: Korrelation der Fläche des Carnosin-Peaks mit dem Anteil tierischer Bestandteile in den definiert gemischten Futtermitteln.

Neben dem Carnosin korrelieren auch die Gehalte der Dipeptide Anserin (β -Alanyl-1-Methylhistidin) und Balenin (β -Alanyl-3-Methylhistidin) mit dem Gehalt an tierischen Bestandteilen im Futter sehr gut. Die HPLC-Trennung wurde jedoch für Carnosin optimiert.

Die Carnosin-Gehalte in Tiermehl und Fleischknochenmehl sind so hoch, dass ein Nachweis auch bei geringen Mengen dieser tierischen Bestandteile in Futtermitteln möglich ist. Der Nachweis von Fisch-, Feder- oder Blutmehl könnte schwieriger sein, da die gemessenen Carnosin-Gehalte hier deutlich niedriger sind. Eine Unterscheidung des Ursprungs der tierischen Bestandteile (Fisch oder Landtier) ist mit der Methode derzeit nicht möglich, obwohl die Verhältnisse der einzelnen Dipeptide zueinander speziesspezifisch sind.

	n	Anserin (ppm)	Balenin (ppm)	Carnosin (ppm)
Tiermehl	14	132 - 862	29 - 101	556 - 1857
Tiermehl ?	1	497	n.n.	9
Fleisch- knochenmehl	6	88 - 527	26 - 34	651 - 1088
Fischmehl	1	35	n.n.	6
Federmehl	1	95	n.n.	21
Blutmehl	1	n.n.	n.n.	6

Tab.1: Gehalte an Carnosin, Balenin und Anserin in Einzelfuttermitteln tierischen Ursprungs.

In 15 pflanzlichen Einzelfuttermitteln (u.a. Weizen, Roggen, Gerste, Mais, Soja- und Rapsextraktionsschrot, Trockengrün, Erbsen) konnte kein Carnosin nachgewiesen werden. Gelatine (Schwein) und Insekten enthalten Carnosin in Spuren im Bereich der Nachweisgrenze, die jedoch bei Einmischung in ein Mischfutter zu vernachlässigen sind.

In Mischfuttern wurden die Ergebnisse der Mikroskopie in den aller meisten Fällen bestätigt. Ein Gehalt von 0,1% Fleischknochenmehl im Futtermittel wurde ohne Probleme nachgewiesen, wohingegen 0,02% Fleischknochenmehl nicht mehr nachweisbar waren. Der Nachweis von Carnosin bei Gehalten an, mikroskopisch nicht erkennbaren, Innereien in Futtermitteln und in organischen Düngern ist möglich.

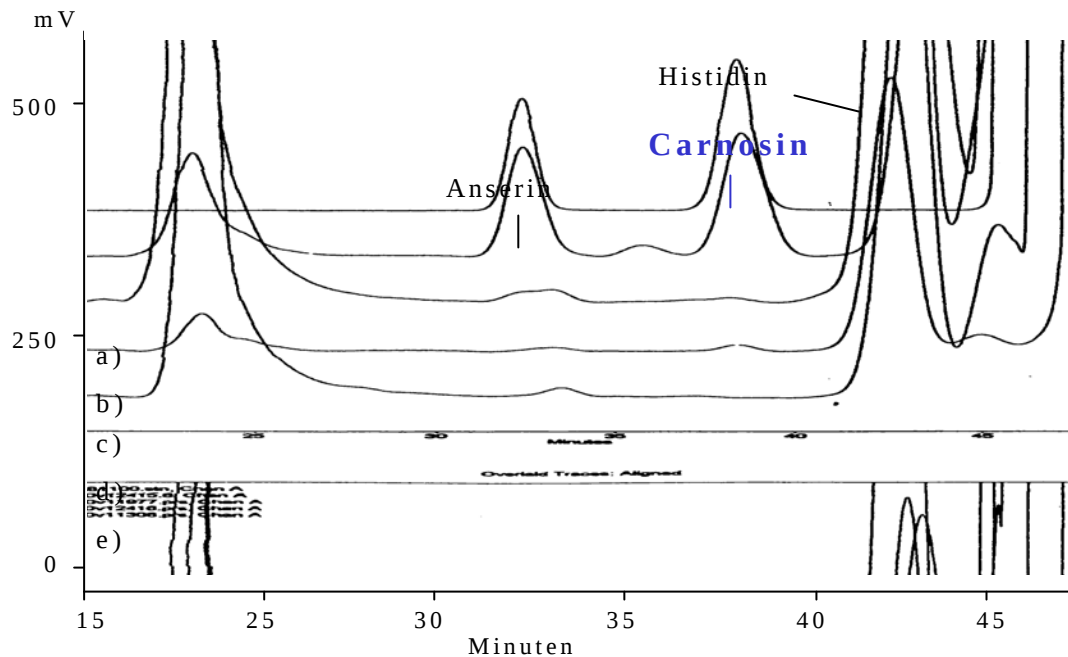


Abb.3: Chromatogramme der Carnosin-Bestimmung in Mischfuttermitteln.

- a) Anserin / Carnosin – Standard; b) Ferkelfutter mit Fleischknochenmehl;
 c) Rinderfutter mit Fischmehl; d) Rinderfutter mit Spuren tierischer Bestandteile (Mikroskopie positiv); e) Rinderfutter ohne tierische Bestandteile (Mikroskopie negativ)

Da nicht bekannt ist, wie hoch der Carnosin-Gehalt in den, im Futtermittel über das Carnosin nachgewiesenen tierischen Bestandteilen war, führt die Quantifizierung des Carnosins nicht zu einer Aussage über den genauen Gehalt der nachgewiesenen tierischen Bestandteile. Eine Quantifizierung des Carnosins ist demnach in der Regel nicht nötig.

Die beschriebene Methode ist gut zum Nachweis tierischer Bestandteile, auch im Spurenbereich geeignet und stellt eine sinnvolle Ergänzung zur amtlichen Methode der Mikroskopie dar.

Literatur:

SCHÖNHERR, J. Analysis of products of animal origin in feeds by determination of Carnosin and related dipeptides by High Performance Liquid Chromatography J.Agric. Food Chem. 2002, 50, 1945-1950

Ergebnisse der Futtermittelanalysen auf tierische Bestandteile im Freistaat Sachsen

Schönherr, Jens (Leipzig)¹; Schammler, Ines

Als Folge des Auftretens der Bovinen Spongioformen Enzephalopathie (BSE) in Deutschland im November 2000 wurde die Verfütterung und das Inverkehrbringen von proteinhaltigen Erzeugnissen aus Gewebe warmblütiger Landtiere und Fischen in Deutschland generell verboten.

Die Verfütterung derartiger Erzeugnisse aus Geweben von Fischen ist zwischenzeitlich, außer an Wiederkäuer, wieder gestattet.

Als gesetzliche Grundlagen für die Analyse auf tierische Bestandteile bestehen:

- Futtermittelgesetz
- Futtermittelverordnung
- Verfütterungsverbotsgesetz (Gesetz über das Verbot des Verfütterns, des innergemeinschaftlichen Verbringens und der Ausfuhr bestimmter Futtermittel)
- Probenahme- und Analysenverordnung
- Richtlinie 98/88/EU (mit Leitlinien für den mikroskopischen Nachweis und die Schätzung von Bestandteilen tierischen Ursprungs bei der amtlichen Untersuchung von Futtermitteln)

Die Futtermittelmikroskopie ist die amtliche Methode zum Nachweis tierischer Bestandteile in Futtermitteln.

Sie wurde in internationalen Ringversuchen validiert (siehe KRAFTFUTTER 01/2000).

Bei der Futtermittelmikroskopie handelt es sich um eine Schätzmethode, die gut ausgebildetes und erfahrenes Fachpersonal erfordert. Tierische Bestandteile können bis zu 0,5 % quantifiziert werden, aber auch darunter ist ein sicherer Nachweis möglich. Mit dieser Methode erfolgt eine sichere Unterscheidung zwischen pflanzlichen und tierischen Bestandteilen aber auch zwischen Knochenfragmenten von Landtieren und Fischen. Der Nachweis tierischer Gewebe wie Haare, Horn, Muskulator, Knochenfragmenten, Schuppen u. a. erfolgt im Futter und/oder in der Sedimentfraktion. Fette, Innereien und Melasse können nicht nachgewiesen werden.

Untersuchungsergebnisse 2001

Nach dem Auftreten des ersten BSE-Falles in Deutschland wurden die Untersuchungen von Futtermitteln auf tierische Bestandteile im Rahmen der amtlichen Futtermittelkontrolle Sachsens Ende 2000 erheblich erweitert. Wurden bis zu diesem Zeitpunkt durchschnittlich 40-50 Proben pro Jahr stichprobenartig untersucht, stieg das Probenaufkommen nun auf zeitweise über 110 Proben pro Monat an. Glücklicherweise hatte Sachsen die Futtermittelmikroskopie seit Jahren konsequent betrieben und es standen sofort entsprechend eingearbeitete Mitarbeiter zur Verfügung. Zur zeitnahen Bewältigung des Probenaufkommens wurde weiteres Personal angelernet und die mikroskopische Ausrüstung optimiert (Bildbearbeitungssystem).

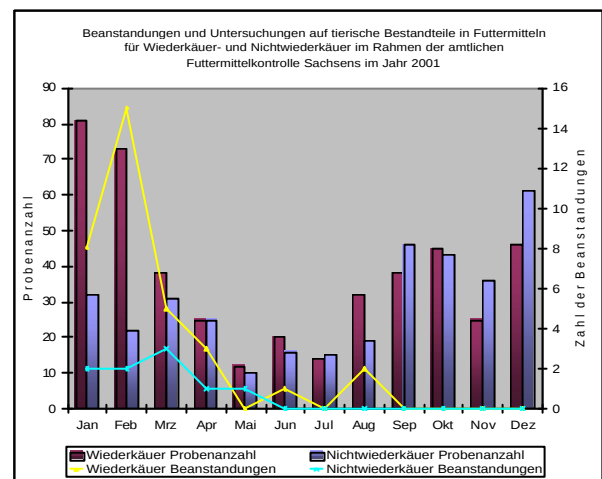
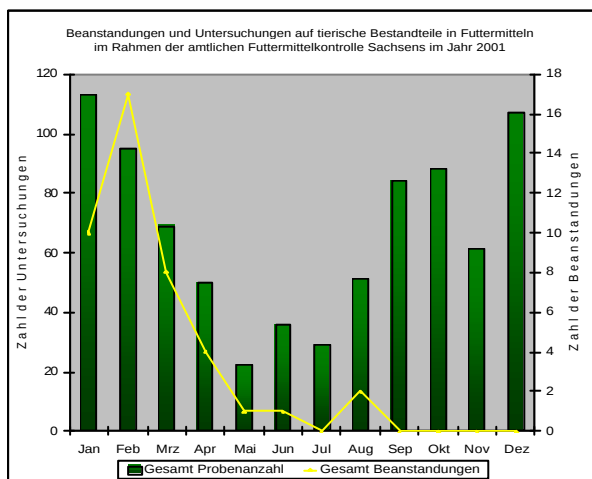
¹ Jens.Schoenherr@Leipzig.LfL.SMUL.Sachsen.de

Im Jahr 2001 wurden insgesamt 805 Futtermittel auf tierische Bestandteile untersucht.

Von den insgesamt 43 positiven Proben entfielen 91 % auf den Zeitraum Januar-April 2001. Von den insgesamt 356 Nichtwiederkäuerfuttern wurden 9 beanstandet (2,5 %), davon 8 Proben (89 %) von Januar-April 2001. Von den bis Ende August 2002 untersuchten 470 Proben war lediglich 1 Probe positiv.

Bei den positiven Proben kann in keinem Fall von gezielter Einmischung tierischer Einzelfuttermittel ausgegangen werden. Die Ursache der Befunde war in jedem Fall die Verschleppung, was die nachgewiesenen Gehalte von $< 0,5$ % tierische Bestandteile untermauern. Beim Nachweis tierischer Bestandteile in Futtermitteln wurde ab April 2001 Anzeige erstattet.

Fazit: Nach dem Verbot der Verfütterung und des Inverkehrbringens proteinhaltiger Erzeugnisse aus Geweben warmblütiger Landtiere und von Fischen im November 2000 wurden, auf Grund von Verschleppungen, 90 % aller positiven Befunde des Jahres 2001 auf tierische Bestandteile in Futtermitteln von Januar-April attestiert. Ab diesem Zeitpunkt traten positive Befunde nur noch vereinzelt auf.



Gaschromatographische Bestimmung von Chlormequat in Getreide und Kleien nach der modifizierten Methode von Allender

Ueberschär, Karl-Heinz (Celle)¹

Einleitung

Der Pflanzenwirkstoff Chlormequat (CCC) ist in der Bundesrepublik im Getreideanbau als Wachstumsregler zur Halmfestigung zugelassen. Das Mittel wird in beträchtlichen Mengen hauptsächlich beim Anbau von Weizen und Roggen verwendet, um durch die erzielte Verkürzung und Verdickung der Halme eine höhere Standfestigkeit des Getreides zu erreichen und dem Lagern des Getreides mit seinen negativen Folgen (Erschwerung der Ernte, erhöhte Feuchtigkeit durch Bodenkontakt, Befall durch Schadorganismen) entgegen zu wirken.

In einem vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft initiierten und geförderten Untersuchungsprogramm wurden Getreideproben und Nebenprodukte aus Getreidemöhlen auf CCC-Rückstände analysiert. Dazu wurde die gaschromatographische Methode von Allender (1992) verwendet.

Methoden

5 g Probeneinwaage wurden mit 60 ml Methanol über Nacht extrahiert und vom Rückstand getrennt. Der abgedampfte Extrakt wurde in 3 ml Dichlormethan und etwa 100 µl Wasser aufgenommen und mit 3 g Aluminiumoxid (Fa. ICN Alumina A, sauer mit 1,5% Wasser) versetzt. Das Gemisch bildete die obere Schicht einer mit 15 g Aluminiumoxid (Typ A, 3% Wasser) gefüllten Säule. Nach dem Waschen mit 85 ml Dichlormethan-Aceton (1+1) wurde der Wirkstoff mit 120 ml Methanol-Aceton (5+95) eluiert. Cholinchlorid verblieb auf der Säule, was sorgfältig kontrolliert wurde.

Das den Wirkstoff enthaltende Eluat (1-10 µg) wurde zur Trockne eingeeengt und mit 1950 µl Aceton aufgenommen und danach durch Reaktion mit 50 µl Pentafluorthiophenol (20mg/ml Aceton; tägl. frisch) in ein flüchtiges Derivat umgesetzt. Das Reaktionsgemisch enthielt 10 mg Kaliumcarbonat und wurde bei 100 °C 60 min im geschlossenen Gefäß nach Begasung mit Stickstoff erhitzt. 50 µl des Gemisches wurden nach dem Abkühlen mit 1 ml Hexan aufgenommen und mit 1 ml methanolischer Natronlauge (wässrige NaOH/ methanolische NaOH 1+1 je 1 mol/l) behandelt. 1 µl der Hexan-Phase wurde für die gaschromatographische Bestimmung verwendet.

Die Messbedingungen waren: 40 m Optima 1701+ 10m DB5-Säule, 0,32mm x 0,25 µm; Trägergas H₂, Injektor: 230 °C, EC-Detektor: 320 °C, Temperaturprogramm: 65 °C 1 min, -180 °C mit 35 °C/min, -213 °C mit 3 °C/min, -270 °C mit 10 °C/min, 3 min.

Zu jedem Derivatisierungsansatz wurde ein Blindwert bestimmt, dessen Werte möglichst niedrig lagen.

Das Elutionsverhalten unter den angegebenen Bedingungen verschiedener Pflanzenschutzmittel auf der Aluminiumoxidsäule wurde mit 5 und 25 µg Wirkstoff getestet. Chlorpyrifos und andere nicht oder träge mit Pentafluorthiophenol (PFTP) reagierende Verbindungen wurden gaschromatographisch ohne Derivatisierung bestimmt.

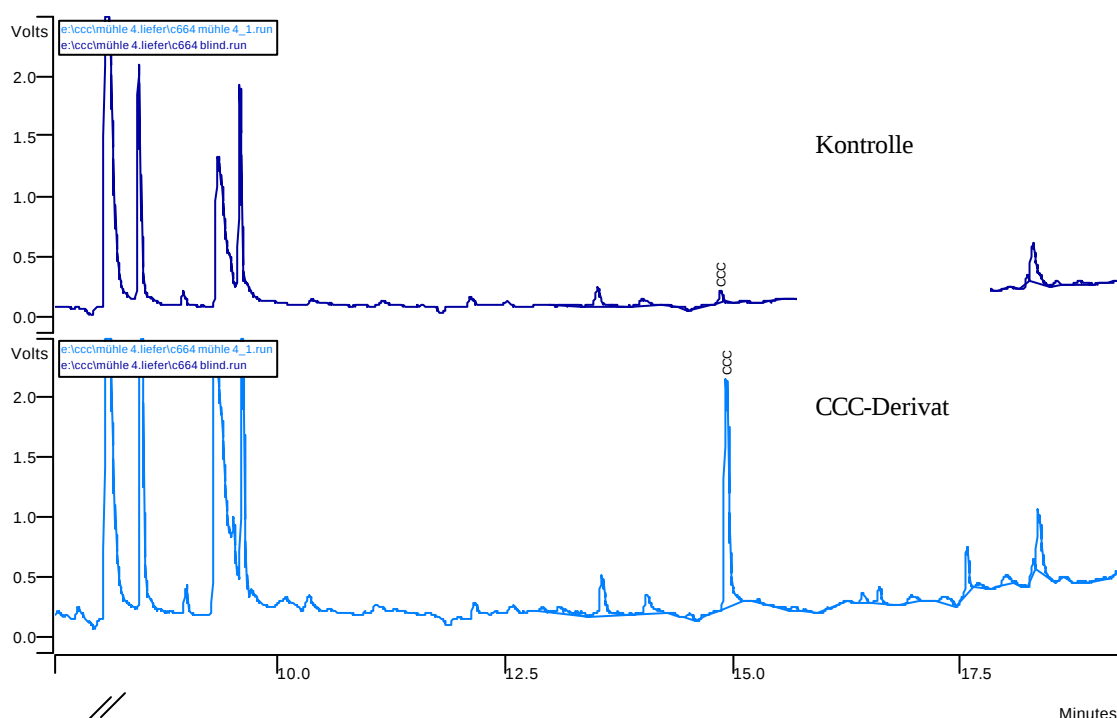
¹ eMail: Karl.Ueberschaer@fal.de

Ergebnisse und Diskussion

In der Literatur sind zahlreiche Methoden zur Analytik von CCC beschrieben, die jedoch aufwendig, zu wenig empfindlich oder störanfällig sind oder eine spezielle und kostspielige Ausrüstung erfordern. Zur Reinigung des Wirkstoffes aus Extrakten von Getreide und Getreidenebenprodukten wurde die Methode von Brüggemann und Ocker (1986 a) gewählt, die verlässlich Cholinchlorid von seinem Chlorderivat, dem Chlormequat, einer strukturgleichen Ammoniumverbindung abtrennen konnte. Cholinchlorid kommt in Pflanzen in beträchtlichen Konzentrationen von bis zu 0,1 % natürlich vor, was eine möglichst effektive und zuverlässige Probenreinigung erfordert, um Störungen bei der Derivatisierung und falsch-positive Ergebnisse auszuschließen, weil Cholinchlorid mit PFTP das gleiche Derivat wie Chlormequat bildet.

Anstelle der von den Autoren verwendeten Dünnschichtchromatographie mit Scannerapparatur zur Messung der Probenlösungen wurde die Gaschromatographie mit sensitivem EC-Detektor verwendet (Allender, 1992). Anders als vom Autor beschrieben wurde die Wirkstoffmenge bis zu 10 µg begrenzt, sodass das PFTP-Reagenz mindestens in 80-fachem Überschuss vorlag. Die Reaktionsbedingungen wurden um 10 °C auf 100°C erhöht und die Reaktionszeit auf 1 Stunde verlängert. Die Korngröße des verwendeten Kaliumcarbonats war ohne nennenswerten Einfluss. Die Bedingungen der Derivatisierung sind optimiert, sodass auch Änderungen der PFTP-Konzentration im Bereich 10-35 mg/ml bei 10 µg CCC keine Rolle spielten. Auch die Kalibrierungskurve war linear im Bereich 1- 10 µg CCC. Jedoch verlief die Eichkurve nicht durch den Koordinatenursprung, sondern schnitt die Ordinate. Die Größe des Ordinatenabschnittes, der dem Blindwert entsprach, wurde zu Beginn und am Ende einer Untersuchungsreihe bestimmt und in die Berechnung einbezogen. Im Injektor verbliebene Derivatmengen können die Ursache einer Verschleppung und variabler Blindwerte sein.

Abbildung 1: Gaschromatogramme der Derivatisierungsprodukte der Kontrolle und einer Chlormequat-haltigen Mühlenstaubprobe mit Pentafluorthiophenol (PFTP)



Überschüssiges Reagenz ließ sich mit methanolischer Natronlauge entfernen, sodass die Chromatogramme keine störenden Nebenprodukte aufwiesen. Abbildung 1 zeigt die Gaschromatogramme der Kontrolle und des CCC-Derivates, eines dimeren Methylthioethers, wie die massenspektrometrische Untersuchung von Mortimer und Weber (1994) ergaben. Die prozentuale Standardabweichung von zahlreichen Wiederholungsmessungen im Bereich 0,06- 2 mg/kg lag im Mittel bei 30 %. Die Nachweisgrenze wurde bei 5 g Probeneinwaage mit 0,06 mg/kg geschätzt. Die mittlere Wiederfindung betrug 75 % und wurde durch 2,5 - 20 µg Zusätze zu unbelasteten Proben ermittelt. Zur Berechnung der Resultate wurde die Wiederfindung nicht berücksichtigt.

Nach den Untersuchungen von Mortimer und Weber (1994) ist die von Allender beschriebene Bestimmung durch Derivatisierung mit PFTP nicht spezifisch für CCC. Auch andere Substanzen mit methylierenden Eigenschaften wie Tetramethylammoniumbromid und Parathion-methyl reagierten. Vom CCC-Derivat wurden neben dem Monomer durch die Reaktion eines bzw. zweier weiterer PFTP-Moleküle das Dimer und das Trimer gebildet. Beim CCC ist das Dimer das Hauptprodukt, das Monomer war kaum nachzuweisen und das Trimer wurde als deutliches Nebenprodukt gebildet, das erst sehr spät von der Säule eluierte. Die Konzentrationsverhältnisse dieser Produkte untereinander können bei anderen Substanzen geändert sein.

Zur Feststellung der Reaktionsspezifität des PFTP wurden neben den quartären Ammoniumverbindungen wie CCC und Cholin auch andere Pflanzenschutzmittel aus der Gruppe der Phosphorsäure-, der Thiophosphorsäuremethylester und der Methylcarbamate untersucht. Die Reaktionsbedingungen entsprachen denen wie sie in den Methoden beschrieben sind. In Tabelle 1 sind die gerundeten Werte der Messungen mit jeweils drei Konzentrationen der Substanzen im Bereich 0,006- 0,06 µmol/ 2ml Derivatisierungsgemisch angegeben, die auf Chlormequat = 100% bezogen sind. Auch bei zehn -fach höheren Konzentrationen reagierten Methylbromid, die O- und N-Methylcarbamate und Dimethylaminoethylchlorid nicht mit dem PFTP-Reagenz, eine Ausnahme bildete Methyljodid.

Tabelle 1: Reaktionsspezifität von Pentafluorthiophenol (PFTP) mit methylierenden Verbindungen. Substanz: 0,006-0,06 µmole/2ml; PFTP: 5 µmole/2ml; 60 min, 100 °C in Aceton

Substanz	Substanzklasse	Formel	Reaktion mit PFTP (%) Chlormequat= 100 %
Chlormequat	Trimethylammonium	$\text{Cl}-(\text{CH}_2)_2-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$	100
Cholinchlorid	Trimethylammonium	$\text{OH}-(\text{CH}_2)_2-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$	40-60
Pirimiphos-methyl	O,O-Dimethylthiophosphat	$\text{RO}-\text{P}(\text{OCH}_3)_2$ S	80-110
Parathion-methyl	O,O-Dimethylthiophosphat	$\text{RO}-\text{P}(\text{OCH}_3)_2$ S	80-100
Dichlorvos	Dimethylphosphat	$\text{RO}-\text{P}(\text{OCH}_3)_2$ O	70-90
Methamidophos	O,S-Dimethylthiophosphor-säureamid	$\text{H}_2\text{N}-\text{P}(\text{OCH}_3)_2$ O (S CH ₃)	10-20
Malathion	O,O-Dimethyldithiophosphat	$\text{R S}-\text{P}(\text{OCH}_3)_2$ S	90-120
Chlorpyrifos-methyl	O,O-Dimethylthiophosphat	$\text{RO}-\text{P}(\text{OCH}_3)_2$ S	6
Methyljodid	Methylhalogen	$\text{J}-\text{CH}_3$	< 5 *
Methylbromid	Methylhalogen	$\text{Br}-\text{CH}_3$	0 *
Carbendazim	O-Methylcarbamat	$\text{R}-\text{NH}-\text{C}=\text{O} (-\text{OCH}_3)$	0 *
Carbofuran	N-Methylcarbamat	$\text{R}-\text{O}-\text{C}=\text{O} (-\text{NH}-\text{CH}_3)$	0 *
Dimethylaminoethyl-Cl	Tert.-Dimethylamin	$\text{Cl}-(\text{CH}_2)_2-\text{N}(\text{CH}_3)_2$	0 *

* Substanz: 0,06-0,6 µmol/2ml Reaktionsgemisch

Das durch Demethylierung von CCC als Zwischenprodukt gebildete Dimethylaminoethyl-chlorid, ein tertiäres Amin, reagiert nicht mit PFTP (Tabelle 1). Dieses Ergebnis bestätigt die Untersuchungen von Mortimer und Weber (1994), die den von Allender (1992) vorgeschlagenen Reaktionsweg zur Bildung eines CCC-spezifischen Zwischenproduktes widerlegten.

Von den in Tabelle 1 mit PFTP reagierenden Pflanzenschutzmitteln waren nach Untersuchungen von E. Rabe (Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung, Detmold) in Mühlennebenprodukten vor allem Rückstände von Pirimiphos-methyl, Malathion, Chlorpyrifos und Chlorpyrifos-methyl entdeckt worden. Chlorpyrifos ist ein O,O- Diethylthiophosphat, das mit PFTP kein Reaktionsprodukt bildete. Die anderen Wirkstoffe konnten zu 100 % (Cholinchlorid), 80 -90 % (Pirimiphos-methyl), 90 -95 % (Malathion) und 80 -90 % (Chlorpyrifos-methyl)

weitgehend durch die beschriebene Aluminiumoxid-Chromatographie (Brüggemann und Ocker, 1986 a) entfernt werden, sodass die Analytik nicht gestört wurde.

Die GC-Methode von Allender wurde zur CCC-Bestimmung von 48 bzw. 8 gereinigten Weizen- und Roggenproben und der gleichen Anzahl Kleien verwendet. Die Proben stammten aus vier Probebeziehungen der Erntejahre April 2000- März 2001 von 16 Getreidemöhlen. In Tabelle 2 sind die Daten aller vier Probelieferungen zusammengefasst. Angegeben ist neben der Probenzahl auch die Zahl der positiven Proben (n_{pos}) mit Gehalten $> 0,06$ mg/kg. Die Mediane entsprachen den in der Literatur angegebenen durchschnittlichen CCC-Gehalten (Brüggemann und Ocker, 1986 a; Juhler und Vahl, 1999). Die Maximalwerte von Roggen und Weizen lagen unterhalb des Höchstgehaltes für Getreide von 2,0 mg/kg (NN, 2002).

Tabelle 2: CCC-Gehalte in Getreide und Kleien der Erntejahre 2000 und 2001

	Weizen mg/kg	Weizenkleie	Roggen mg/kg	Roggenkleie
Min	0,06	0,06	0,06	0,17
Max	1,81	2,44	1,68	2,36
Median	0,17	0,57	0,26	0,38
Mittel	0,35	0,66	0,50	0,65
n^*_{pos}/n	39/48	46/48	7/8	8/8

* Nachweisgrenze von CCC: 0,06 mg/kg

Die Proben wurden freundlicherweise von Dr. J. Wolff (BAGKF, Detmold) zur Verfügung gestellt

Sowohl die Kleien von Weizen als auch die von Roggen waren im Vergleich zum Getreide höher mit CCC belastet. Die Mediane bzw. Mittelwerte der Kleien lagen im Vergleich zum Weizen 2-3-fach höher, während die Werte von Roggenkleie zu Roggen nur 1-2-fach höher waren. Der sich in den äußeren Randschichten des Getreidekorns angereicherte Wirkstoff wurde durch die Reinigungsvorgänge bei der Getreidevermahlung zum großen Teil entfernt und fand sich konzentriert in den Kleien wieder, wie auch Mahlversuche von Brüggemann und Ocker (1986 b) ergaben. Die Autoren hatten einen Wirkstoffanteil von etwa 70 % in den Weizenkleien und einen geringen Anteil von 30 % in den Mehlen festgestellt. Die geringere Belastung der Roggenkleien wurde im Vergleich zu Roggen mit der schlechteren Abtrennung der Randschichten von Roggen in der Mühle erklärt.

Zusammenfassung

Chlormequat wurde in mehr als 100 Weizen-, Roggen- und Kleieproben nach der GC-Methode von Allender (1992) bei einer Nachweisgrenze von 0,06 mg/kg bestimmt. Die Ergebnisse stimmten mit den Angaben aus der Literatur überein. Die Reaktionsspezifität des zur Derivatisierung verwendeten Pentafluorthiophenols wurde überprüft. Cholinchlorid, Pirimiphos-methyl, Parathion-methyl, Dichlorvos und Malathion reagierten etwa in gleichem Umfang wie CCC, während O- und N-Methylcarbamate wie Carbendazim und Carbofuran und andere alkylierende

Verbindungen wie Methylbromid und –jodid nicht oder fast nicht reagierten. Cholinchlorid und die in Getreide und Mühlennebenprodukten vor allem nachgewiesenen Rückstände von Pirimiphos-methyl, Malathion und Chlorpyrifos-methyl waren deshalb vor der gaschromatographischen Bestimmung mittels Aluminiumoxid-Chromatographie entfernt worden.

Literatur

- Allender, W.J. (1992) Pestic. Sci. 35, 265-269
Brüggemann, J., Ocker, H.-D. (1986 a) Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm. 10, 113-119
Brüggemann, J., Ocker, H.-D. (1986 b) VDLUFA-Schriftenreihe, Heft 20, Oldenburg, Kongressband 1986, S. 765-778
Juhler, R.K., Vahl, M. (1999) J. AOAC Intern. 82, 331-335
Mortimer, R.D., Weber, D.F. (1994) Pestic. Sci. 40, 31-35
NN (2002) Bundesgesetzblatt I 2002 (4), 437-455

Charakterisierung von *Bacillus cereus*-Isolaten aus Futtermitteln und Lebensmitteln

Schleif, Julia (Leipzig)¹; Mietke, Henriette; Reissbrodt, Rolf; Beer, Wiland

Problemstellung:

Das in Routineuntersuchungen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft verstärkte **Auffinden von *Bacillus cereus* (*B. cereus*)-Keimen** in Futtermitteln in Konzentrationen von rund 10.000 Keimen/g Probe führte zu der Annahme, dass es sich bei diesen Isolaten nicht um verderbanzeigende, häufig pathogene „wild“-Formen von *B. cereus* handle, sondern um **Verschleppungen probiotischer Keime aus den Mischfutterwerken**. Da in der mikrobiellen Diagnostik keine Methode zur Differenzierung von *B. cereus*-Isolaten auf Subspeziesebene zur Verfügung stand, galt es im Rahmen des Projektes „Charakterisierung von *B. cereus*-Isolaten aus Futtermitteln und Lebensmitteln“ **eine analytischen Methode zu etablieren**, die eine schnelle und kostengünstige **Subspezies-Identifizierung** des Umweltkeimes *B. cereus* in der Routinediagnostik ermöglicht.

Einleitung:

Ernährungsgewohnheiten, Gesundheit und Diätetik unterliegen einem Wandel. Die Nahrungsaufnahme scheint nicht mehr ausschließlich der Deckung des Energiebedarfes für Wachstum und der Aufrechterhaltung von Körperfunktionen zu dienen, sondern einen Versuch darzustellen, Risiken für Krankheiten zu verringern und physiologische und funktionale Prozesse des Körpers zu beeinflussen. Moderne Nahrungsmittel („functional food“, „wellness food“, „industrial food“, etc.) werden entwickelt und modifiziert, um deren Möglichkeiten, Funktionen des Organismus zu beeinflussen, zu verstärken. Die Grenze zwischen Lebensmittel und Medikament scheint daher oft fließend.

Probiotika, deren intensiver Einsatz dieser neuen Entwicklung zuzuschreiben ist, kommen als Nahrungsmittel, als Humantherapeutika und als **Futtermittelzusätze** zum Einsatz. In Bezug auf die moderne Fütterung von Nutztieren stellen Probiotika eine willkommene Alternative zu den in Kritik geratenen antimikrobiellen Leistungsförderern dar. Die meisten Probiotika-Stämme sind kulturmorphologisch und biochemisch nicht eindeutig von häufig pathogenen Wildformen zu unterscheiden. Treten Probiotika-verdächtige Mikroorganismen in Futtermitteln ohne oder mit fehlerhafter Deklaration auf, so ist ihre eindeutige Identifizierung für die mikrobiologische Gesamtbewertung des Produktes entscheidend. In der Futtermittelindustrie spielen **zwei apathogene Varietäten des Sporenbildners *B. cereus*, dessen „wild“-Formen häufig als Toxinbildner** für Lebens- und Futtermittelverderb und das Auftreten von lebensmittelinduzierten Krankheiten verantwortlich sind, als Probiotika eine entscheidende Rolle – ***B. cereus* var. *toyoi*** (Toyocerin®) und der seit dem 20.02.2001 nicht mehr als Futtermittelzusatz bewilligte Stamm ***B. cereus* var. *IP 5832*** (Paciflor®). *B. cereus* var. *IP 5832* findet noch als Humantherapeutikum Anwendung.

Mittels **Fourier-Transformations-Infrarot (=FT-IR)-Technik** wurde eine analytische Methode etabliert, mit deren Hilfe eine eindeutige, schnelle, kostengünstige und in der Routinediagnostik einsetzbare Möglichkeit zur Differenzierung und Identifizierung

¹ eMail: julia.schleif@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

sowohl der *Bacillus cereus* Wildformen als auch der probiotischen Varietäten *toyoi* und *IP 5832* möglich ist.

Die Darstellung der Absorption infraroten Lichtes durch eine Probe aus getrockneten Keimen in Abhängigkeit von der Wellenzahl liefert ein **FT-IR-Spektrum**, das einen **Fingerabdruck aller Zellkomponenten** darstellt, der für jeglichen Mikroorganismus hochspezifisch ist. Das FT-IR-Spektrum eines unbekannten Keimes kann mit vorher aufgenommenen, in einer Datenbank enthaltenen Referenz-Spektren verglichen und so identifiziert werden.

Die üblichen biochemischen und kulturmorphologischen Untersuchungsmethoden lassen eine eindeutige Differenzierung der Subspezies von *B. cereus* nicht zu, da sich die unterschiedlichen Varietäten in Katalase- und Hämolyisin-Produktion, der positiven Stärkehhydrolyse, Gelatinase- und Lecethinase-Reaktion einheitlich verhalten und Unterschiede in der Fermentation von Zuckern nicht eindeutig auszumachen sind.

Demzufolge stellt die Etablierung der FT-IR-Technik zur Differenzierung und Identifizierung von *B. cereus*-Isolaten auf Subspeziesebene eine entscheidende Neuerung der mikrobiellen Diagnostik dar.

Material und Methoden:

Herkunft der *B. cereus*-Isolate:

aus Futtermittelproben (Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft), Lebensmittel- und Umweltproben (Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel, sowie KIN, Neumünster), Rohmilch und Milchprodukten (Milchwirtschaftliche Lehr- und Untersuchungsanstalt Oranienburg) sowie von der DSMZ.

FT-IR-Spektroskopie:

nach Helm et al. 1991. Clusteranalyse der ersten Ableitung normierter Absorptionsspektren mit dem „Wards“-Algorithmus. Spektrale Fenster: Fettsäureregion (Wellenzahl $3000-2800\text{ cm}^{-1}$, Wichtung (W): 0,8), Polysaccharidregion ($1200-900\text{ cm}^{-1}$, W: 0,6), „Fingerabdruckregion“ ($1200-900\text{ cm}^{-1}$, W: 0,6) und für *B. cereus*-Stämme spezifische Region ($1000-940\text{ cm}^{-1}$, W: 0,3).

Selektivnährböden:

BCM[®]-Medium (BIO-SYNTH[®]); Bacillus-cereus-Agar-Basis (Oxiod); Cereus-Selektiv-Agar nach Mossel (Merck).

Antibiogramme: Mueller-Hinton-Agar nach NCCLS (Merck); Antibiotika-Bouillon (Merck); Antibiotika-Testblättchen (Mast Diagnostica): Cefamandole (30 µg), Penicillin G (10 µg), Tetracyclin (30 µg).

Ergebnisse und Diskussion:

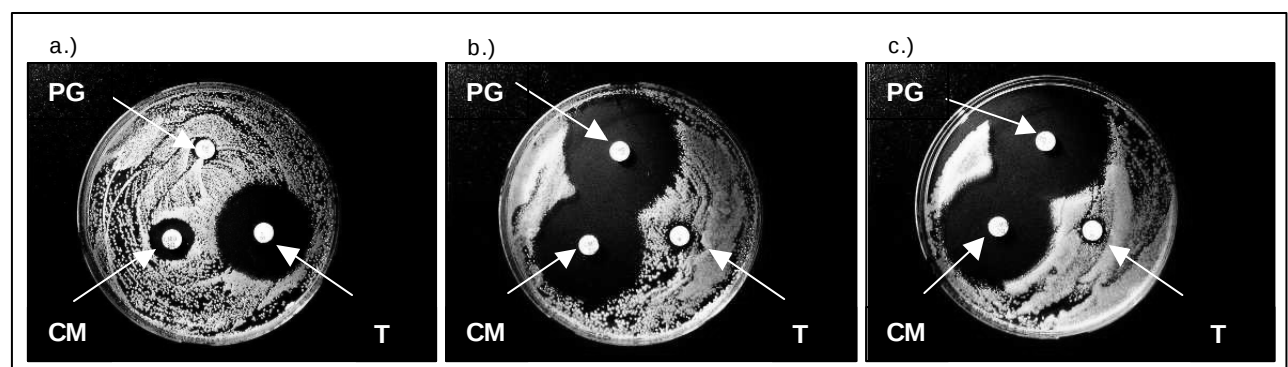


Abb. 1: Empfindlichkeitsprüfung eines a.) *B. cereus* „wild“, b.) *B. cereus* var. *toyoi* und c.) *B. cereus* var. *IP 5832*-Stammes gegen die Chemotherapeutika Penicillin G (PG), Tetracycline (T) und Cefamandole (CMD).

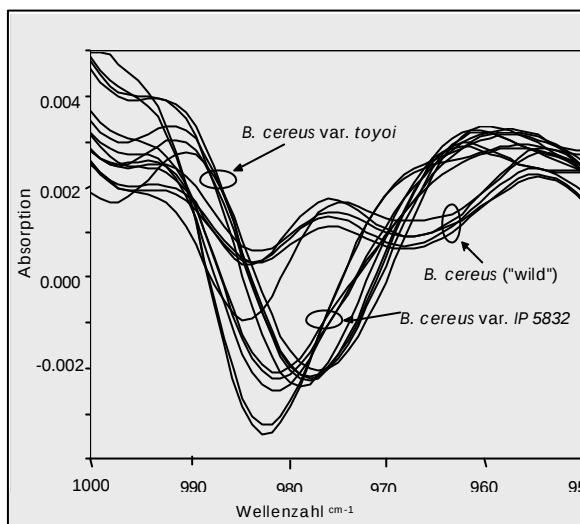


Abb. 2: Normierte FT-IR-Spektren von je fünf *B. cereus* „wild“- , var. *toyoi*- und var. *IP 5832*-Isolaten über einen Wellenzahlbereich von 1000 - 950 cm^{-1} .

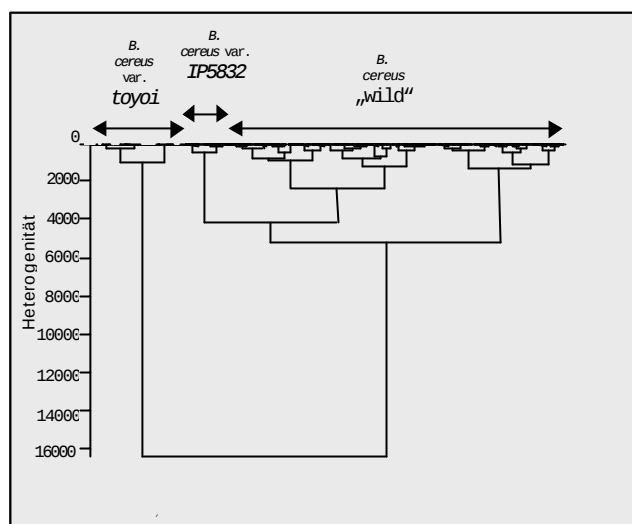


Abb. 3: Dendrogramm von 509 Mittelwertspektren verschiedener *B. cereus*-Isolate.

Eine Empfindlichkeitsprüfung von *B. cereus*-Isolaten gegen die Chemotherapeutika Penicillin G (PG), Tetracyclin (T) und Cefamandole (CMD) erlaubt die Unterscheidung von *B. cereus*-Isolaten des „wild“-Typs von probiotischen Stämmen (Abb. 1). Eine Bestimmung der Subspezies (bzw. der probiotischen Varietäten *toyoi* und *IP 5832*) ist durch diese Methode nicht möglich.

Abb. 2 zeigt normierte FT-IR-Spektren von je 5 *B. cereus* „wild“- , var. *toyoi*- und var. *IP 5832*-Isolaten in der 1. Ableitung. Die Darstellung der Spektren umfasst den für *B. cereus*-Isolate spezifischen Wellenzahlbereich zwischen 1000 und 950 cm^{-1} . Ein deutlicher Unterschied im Auftreten von Absorptionsmaxima und -minima für die drei *B. cereus*-„Gruppen“ „wild“, var. *toyoi* und var. *IP 5832* ist evident.

In Abb. 3 sind 509 Mittelwertspektren verschiedener *B. cereus*-Isolate im Dendrogramm dargestellt. Eine offensichtliche Clusterung der *B. cereus* Varietäten *toyoi* und *IP 5832* sowie der „wild“-Stämme wird deutlich. Das Ergebnis des Dendrogramms deutet darauf hin, dass die Ähnlichkeit der *B. cereus*-Varietäten *IP 5832* und der „wild“-Typ-Stämme bezogen auf alle Zellkomponenten höher ist als die der Probiotika untereinander.

Durch die FT-IR-Technik können die beiden probiotischen Subspezies *B. cereus* var. *toyoi* und *B. cereus* var. *IP 5832* des Sporenbildners *B. cereus* sicher voneinander unterschieden werden. Ebenso ist eine Trennung von häufig pathogenen *B. cereus*-Isolaten des „wild“-Stamm-Typs möglich. Damit stellt die FT-IR-Technik eine Methode dar, deren Einsatz in der mikrobiologischen Diagnostik die Identifizierung von *B. cereus*-Isolaten auf Subspeziesebene zulässt und die eindeutige Beurteilung des als Futtermittelzusatz verwendeten Probiotikums Toyocerin® (*B. cereus* var. *toyoi*) erlaubt. Die Identifizierung des nicht mehr als Futtermittelzusatz anerkannten Stammes *B. cereus* var. *IP 5832* (Paciflor®) bleibt seit dessen Verbot, oder gerade durch dieses, notwendig, um den ordnungsgemäßen Einsatz probiotischer *B. cereus*-Isolate überprüfen und gewährleisten zu können.

Die eingangs benannte These, dass das gesteigerte Auffinden von *B. cereus*-Stämmen in Futtermitteln eine Verschleppung probiotischer Keime aus den Mischfutterwerken sei, konnte in mehreren Fällen in der Sächsischen Landesanstalt

für Landwirtschaft durch die Anwendung der FT-IR-Technik bestätigt und damit die Befürchtung, dass es sich um verderbanzeigende *B. cereus*-Isolate handle, ausgeschlossen werden. Auch konnte durch das Verfahren der FT-IR-Analyse bereits der nicht mehr zugelassene Stamm *B. cereus* var. *IP 5832* in einer Futtermittelprobe nachgewiesen werden.

Entwicklung einer Methode zur Glutaminsäurebestimmung in Fleischerzeugnissen

Westphal, Karsten (Leipzig)¹; Rudolph, Ralf; Speer, Karl (Dresden)²

Einleitung

Glutaminsäure und ihre Salze werden in der Lebensmittelindustrie als Geschmacksverstärker eingesetzt. Nach Zusatzstoff-Zulassungsverordnung dürfen bestimmten Lebensmitteln z.B. Fleischerzeugnissen Glutaminsäure (E620) und einige Glutamate (E621 - E625) in einer solchen Menge zugesetzt werden, dass im verzehrfertigen Produkt eine Höchstmenge von 10 g/kg einzeln oder in Kombination nicht überschritten wird. Als amtliche Methode zur Bestimmung des Glutaminsäuregehaltes in Fleischerzeugnissen ist nach § 35 des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzes ein enzymatisches Verfahren [1] festgeschrieben.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, eine alternative Methode zur Bestimmung der freien Glutaminsäure in Fleischerzeugnissen auf der Basis der Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) zu erarbeiten.

Da Aminosäuren bis auf wenige Ausnahmen keine UV-Absorption besitzen, ist für deren Detektion eine Derivatisierung notwendig. Eine noch recht neue Methode der Vorsäulenderivatisierung stellten ALLENMARK und Mitarbeiter [2;3] vor (Abbildung 1).

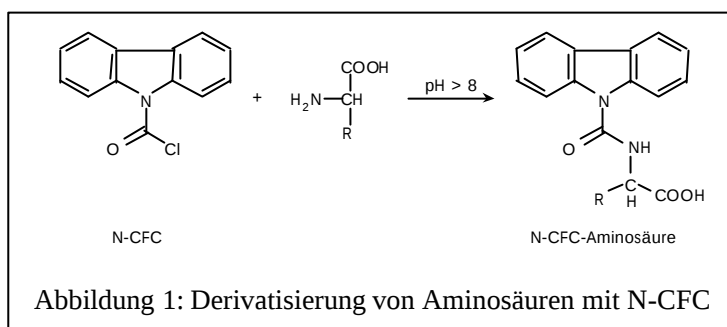
In Anlehnung an die bekannten 9-Fluorenyl-methylchloro-format-Derivate (FMOC-Derivate) entwickelten sie ein Derivatisierungsverfahren mittels N-Chloroformylcarbazol (N-CFC). Diese Reaktion verläuft analog zur FMOC-Derivatisierung bei Raumtemperatur und innerhalb weniger Minuten ab. Die entstehenden Derivate sind laut ALLENMARK und Mitarbeiter wesentlich stabiler als die FMOC-Derivate. Die Bestimmung kann entweder durch Fluoreszenz- oder UV-Detektion erfolgen. Einen weiteren Vorteil stellt die höhere Empfindlichkeit der N-CFC-Derivate in der Fluoreszenz dar (3fach gegenüber den FMOC-Derivaten laut ALLENMARK [3]).

Die nachfolgenden Ergebnisse wurden im Rahmen einer an der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Kooperation mit der TU Dresden durchgeführten Diplomarbeit erzielt.

Material und Methoden

Probenmaterial

Die Erarbeitung und Validierung der Analysenmethode erfolgte an einem Ringversuchsmaterial der Laborvergleichsuntersuchungen GbR aus dem Jahr 1998. Weiterhin wurden Fleischerzeugnisse aus dem Handel in die Untersuchungen einbezogen.



¹ Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, FB Landwirtschaftliche Untersuchungen, Gustav-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig; eMail: Karsten.Westphal@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

² Technische Universität Dresden, Institut für Lebensmittelchemie, Bergstraße 66, 01062 Dresden

Geräte

Entgaser: DEGASYS DG 1300
 Pumpe: BT 9200; Fa. Eppendorf Biotronik
 Injektionssystem: 851-AS; Fa. Jasco
 Säulenheizung: HP 1100; Fa. Hewlett Packard
 Ultraviolett-Detektor: HP 1100; Fa. Hewlett Packard
 Fluoreszenzdetektor: Programmable Fluorescence Detector 980, Fa. Applied Biosystems

HPLC-Bedingungen

Säule: Symmetry RP C₁₈ 5 µm (Waters); 4,6×250 mm (WAT 054275) mit Sentry-Guard-Vorsäule 3,9 x 20 mm (WAT 054225)
 Flussrate: 1 ml/min
 Fließmittelgradient: Eluent A (Acetonitril/Methanol; 90/10; v/v) / Eluent B (0,1 N Acetatpuffer; pH 4,2)

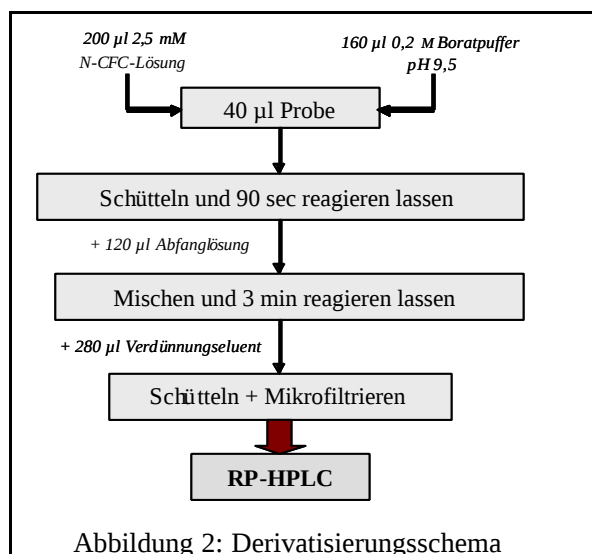
Zeitprogramm:

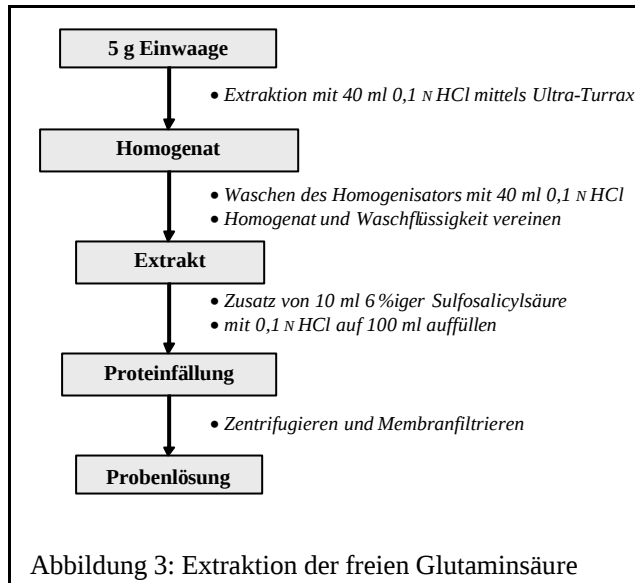
Zeit in min	Eluent A Volumenanteil in %	Eluent B Volumenanteil in %
0	24	76
24	24	76
25	90	10
30	90	10
31	24	76
39	neue Injektion	

Säulentemperatur: 22 °C
 Injektionsvolumen: 25 µl
 UV-Detektion: 254 nm oder
 Fluoreszenzdetektion: $\lambda_{\text{ex}} = 287 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{em}} = 345 \text{ nm}$

Ergebnisse

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde eine HPLC-Methode zur Bestimmung der freien Glutaminsäure in Anlehnung an ALLENMARK und Mitarbeiter erarbeitet [2;3]. Die Derivatisierung der Glutaminsäure erfolgte mit N-CFC nach dem in Abbildung 2 dargestellten Derivatisierungsschema. Überschüssiges N-CFC wird bei der Methode mit einer Hydroxylamin-Lösung abgefangen. Die Detektion kann sowohl mittels UV bei $\lambda = 254 \text{ nm}$ als auch mittels Fluoreszenz bei $\lambda_{\text{ex}} = 287 \text{ nm}$ und $\lambda_{\text{em}} = 345 \text{ nm}$ erfolgen. Die Stabilität der N-CFC-Derivate wurde durch wiederholtes Injizieren der im abgedunkelten Autosampler bei Raumtemperatur gelagerten Derivate überprüft. Die Derivate blieben über 42 h stabil.

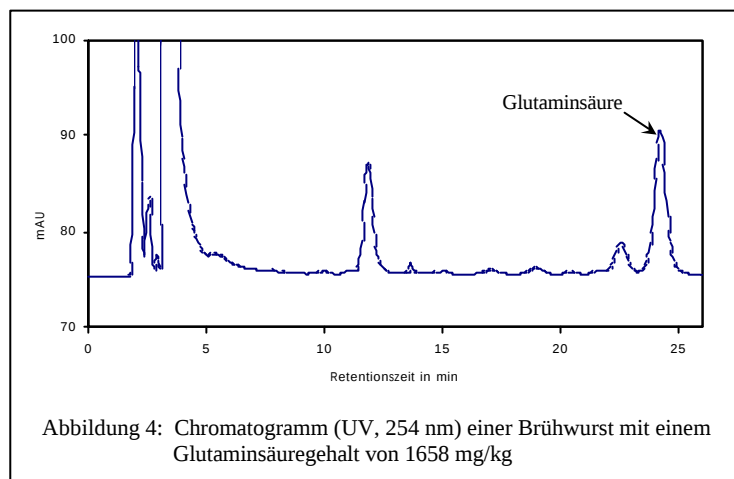




In der amtlichen Methode wird für die Extraktion der Glutaminsäure 1 M Perchlor-säure eingesetzt [1]. Auf den Einsatz von Perchlorsäure wurde aufgrund des Gefahrenpotentials im Rahmen dieser Arbeit verzichtet. Für die Extraktion der freien Glutaminsäure aus Fleischerzeugnissen kam 0,1 N Salzsäure zum Einsatz (Abbildung 3). Die Proteinfällung in der Extraktionslösung erfolgte mit 6%iger Sulfosalicylsäure-Lösung. Nach Zentrifugation und Membranfiltration wurde die erhaltene Lösung direkt in die HPLC eingesetzt. In der Abbildung

4 ist ein UV-Chromatogramm einer Brühwurst dargestellt.

Um die Zuverlässigkeit der erarbeiteten Methode zu belegen, wurde das Verfahren einer Methodenvalidierung unterzogen. Im Arbeitsbereich des Verfahrens (30 mg/kg bis 4.000 mg/kg) erfolgten sowohl die Kalibrierung als auch die Überprüfung eines Einflusses unterschiedlicher Matrices (Standard-additionsverfahren). Die Wieder-indungsraten liegen bei den verschiedenen, geprüften Fleisch-zeugnissen zwischen 98,0 % und 100,5 %. Die Nachweisgrenze der Methode liegt bei 10 mg/kg, die Bestimmungsgrenze bei 34 mg/kg. Versuche zur Ermittlung



der Standardabweichung bzw. Wieder-holbarkeit für die Glutaminsäure-bestimmung erfolgten an einem Probenmaterial (Brühwurstbrät) der Laborvergleichs-untersuchungen GbR (LVU) und zwei Fleischerzeugnissen aus dem Handel. In der Tabelle 1 sind die Ergebnisse festgehalten. Trotz unterschiedlicher Glutaminsäuregehalte wurden vergleichbare Variationskoeffizienten (ca. 2,0 %) erhalten. Der mittlere Glutamin-säuregehalt der Brühwurstprobe (LVU-Probe) war in einer Labor-vergleichsuntersuchung 1998 mit 1658 mg/kg bestimmt worden. Unsere Untersuchungen mit der HPLC-Methode ergaben im Mittel ebenfalls 1658 mg/kg.

Tabelle 1: Statistische Daten der Bestimmung von freier Glutaminsäure in verschiedenen Fleischerzeugnissen

Probe	Rohwurst (Knacker)	Brühwurst (Jagdwurst)	Brühwurst (LVU-Probe)
Wiederholmessungen	5	5	10
Glutaminsäuregehalt in mg/kg	205,5	323,4	1.657,9
Fettgehalt in %	16,0	9,6	26,6
Standardabweichung s in mg/kg	4,1	6,0	31,5
Variationskoeffizient V_k	2,0 %	1,9 %	1,9 %
Wiederholbarkeit r in mg/kg (Wahrscheinlichkeitsniveau 95 %)	11,7	17,1	89,1

Ein Vergleich mit den in der amtlichen Methode beschriebenen Parametern für die Zuverlässigkeit belegt, dass mit der erarbeiteten HPLC-Methode durchaus vergleichbare Ergebnisse erhalten werden. In der Tabelle 2 sind die Daten gegenübergestellt.

Tabelle 2: Vergleich der statistischen Daten zwischen HPLC- und amtlicher Methode

	Wiederhol- messungen	Glu-Gehalt mg/100g	s mg/100g	V_k %	r mg/100g
Brühwurst (LVU-Probe)	10	165,8	3,2	1,9	8,9
§ 35-Methode (L 07.00-17)		130	3,5	2,7 ^{*)}	10

Glu ... Glutaminsäure, s ... Standardabweichung, V_k ... Variationskoeffizient, r ... Wiederholbarkeit

^{*)} berechnet, nicht in der Methode angegeben

Zusammenfassung

Für die Bestimmung der freien Glutaminsäure in Fleischerzeugnissen wurde eine HPLC-Methode, basierend auf einer Vorsäulenderivatisierung mit N-Chloroformylcarbazol, erarbeitet. Entgegen der amtlichen Methode erfolgt die Extraktion bei dieser Methode mit 0,1 N Salzsäure. Die Zuverlässigkeit dieser Methode wurde durch eine umfassende Validierung bestätigt. Ein Vergleich mit dem amtlichen Verfahren ergab, dass die erarbeitete HPLC-Methode eine Alternative zu dieser Methode darstellt.

Literatur

- [1] Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach §35 LMBG.
L 07.00-17: Bestimmung von Glutaminsäure (L-Glutamat) in
Fleischerzeugnissen, November 1981
- [2] ALLENMARK S., ANDERSON S.: Chiral amino acid microanalysis by direct
optical resolution of fluorescent derivatives on BSA-based columns.
Chromatographia Vol. 31, No. 9/10, 1991, S. 429-433

- [3] ALLENMARK S.: A useful reagent for derivatization of amino acids. Tetrahedron Letters Vol. 31, No. 10, 1990, S. 1455-1458

Die Diplomarbeit mit umfassenden Ergebnissen zur Validierung kann im Institut für Lebensmittelchemie der Technischen Universität Dresden eingesehen werden.

Qualitätssicherung bei der Grundfutteruntersuchung im Freistaat Sachsen und Freistaat Thüringen durch Ringversuche

Krieg, Doris (Leipzig)¹; Lüdke, Helmut

Einführung

Die Untersuchungen von Grundfuttermitteln erfolgen in den Freistaaten Sachsen und Thüringen vornehmlich in Privatlaboren. Die Auswahl der Analysenmethoden richtet sich in den einzelnen Labors nach der jeweiligen gerätetechnischen Ausrüstung, der personellen Ausstattung bzw. dem erforderlichen Zeit- und Kostenaufwand. Ein hoher Probenahmefehler bei Grundfuttermitteln sowie unterschiedliche Möglichkeiten bei der Untersuchung und energetischen Bewertung des Futters können zu deutlichen Unterschieden auf den Prüfatesten führen. In der Praxis trägt dies häufig zur Verunsicherung der Landwirte bei.

Der Landesarbeitskreis „Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen“, dem Vertreter der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, von Hochschuleinrichtungen, privaten Untersuchungsstellen sowie aus Unternehmen der Misch- und Mineralfutterindustrie angehören, sieht es seit seiner Gründung als eine vordringliche Aufgabe an, die Untersuchung und Bewertung von Grundfuttermitteln im Interesse der Landwirte auf ein einheitliches hohes Niveau zu stellen. Mit der Herausgabe einer gemeinsamen Empfehlung im Jahre 1996 verpflichten sich die Mitglieder des Arbeitskreises, nach einheitlichen Methoden in der Untersuchung und Bewertung von Grundfuttermitteln zu arbeiten.

Zur Sicherung der Analysenqualität in den Untersuchungseinrichtungen führt die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft im Auftrag des Landesarbeitskreises jährlich Ringanalysen auf dem Gebiet der Futtermitteluntersuchung, Schwerpunkt Grundfuttermittel, durch. Die Enqueten dienen neben der Qualitätskontrolle dem Abgleich von Analysenmethoden sowie der Ermittlung von statistischen Kennzahlen.

Material und Methoden

In Sachsen wurden bisher 8 Futtermittelringanalysen durchgeführt, seit 3 Jahren erfolgen sie gemeinsam mit dem Freistaat Thüringen. Die Teilnahme an der Enquete ist freiwillig. Teilnahmeberechtigt sind alle Laboreinrichtungen, deren personelle Besetzung, fachliche Qualifikation und gerätetechnischen Voraussetzungen die ordnungsgemäße Durchführung der Ringanalyse ermöglichen. Diesbezügliche Kontrollen können im Auftrag des Landesarbeitskreises vom Ringversuchsveranstalter durchgeführt werden. Neben Vertretern aus dem privaten Laborbereich sind verschiedene wissenschaftliche Einrichtungen und Landesbehörden beteiligt. Die Gesamtteilnehmerzahl hat sich von anfänglich 8 auf 23 erhöht.

¹ eMail: Doris.Krieg@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

Untersucht werden jeweils 2 Silagen sowie ein Mischfutter. Gemäß den in der Grundfutteruntersuchung üblichen Kennzahlen wird auf folgendes Analysenspektrum orientiert:

1. TS, RA, RP, Rfa, Rfe als Parameter zur Energieberechnung
2. Ca, P, Mg, Na, K als wichtige Parameter zur Rationsoptimierung

Weitere futtermittelspezifische bzw. fütterungsrelevante Untersuchungsparameter können jeweils dazu kommen (z. B. Stärke, Zucker, ELOS, Gasbildung nach Hohenheimer Futterwerttest).

Nach Vortrocknung, Vermahlung ($< 1\text{mm}$), Homogenisierung und Teilung wird aus jeder versandfertigen Probe eine Teilprobe entnommen. Die Homogenitätsprüfung der Teilproben erfolgt bei den Grundfutterproben durch Messung ausgewählter Roh Nährstoffgehalte mittels Nahinfrarotspektroskopie und bei der Mischfutterprobe durch Mineralstoffanalyse mittels Röntgenfluoreszenzanalyse. Die niedrigen maximalen relativen Standardabweichungen belegen die Eignung des Materials für die Durchführung einer Ringanalyse.

Die Teilnahme am Ringversuch ist auch nur für einzelne Parameter und unter Nutzung unterschiedlicher Analysenmethoden möglich. Die Wahl der Analysenmethode ist den Teilnehmern freigestellt. Bei den Roh Nährstoffbestimmungen wird überwiegend gemäß VDLUFA-Methodenbuch, Bd. III gearbeitet, aber auch NIRS-Ergebnisse sind vertreten. Mineralstoffanalysen erfolgen zunehmend mit der AAS- oder ICP-Technik, in einigen Fällen auch mittels Röntgenfluoreszenz. Die bisher durchgeführten Enqueten zeigen, dass methodenbedingte Analysenfehler bzw. Ausreißer nicht nachgewiesen werden können. Fehlbestimmungen sind zufällig oder in den methodischen Fertigkeiten des jeweiligen Labors für einen bestimmten Parameter begründet und treten dann auch bei zwei oder allen drei Ringversuchsproben auf. Die Untersuchungsergebnisse mittels NIRS-Technik oder auch die Mineralstoffbestimmungen durch Röntgenfluoreszenzanalyse ordnen sich gut in das Gesamtbild der Auswertung bei allen drei Proben ein.

Auswertung und Ergebnisse

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm Ring 4.1 nach DIN ISO 5725 unter Nutzung von Z_u -Scores. Die Zahl der Ausreißer nach GRUBBS (signifikante Ausreißer) lag bei den bisherigen Ringanalysen nur zwischen 1,5 % und 2,5 % der Gesamtanalysen. Außerhalb der Toleranzgrenzen waren jeweils 3 % bis 7 % der Ergebnisse. Die Analysensicherheit für die Bestimmung der einzelnen Parameter spiegelt sich in den statistischen Kennzahlen des Ringversuches (Vergleichsstandardabweichung S_R und Vergleichsvariationskoeffizient V_R) wider. Bei den meisten Analysenparametern ist gegenüber den Vorjahren eine Verbesserung in den Vergleichsvariationskoeffizienten zu verzeichnen. Kritisch bleiben Bestimmungen bei niedrigen Gehalten, wie Natrium in Maissilage oder Zucker in Grassilage.

Mit der nun schon mehrjährigen Ausrichtung von Ringanalysen wurde ein Überblick über das Niveau der Grundfutteranalytik in Sachsen und Thüringen erarbeitet. Es

wurde ein Datenpool geschaffen, der es erlaubte, für Gras- und Maissilage einen Qualitätsrahmen für die verschiedenen Analysenparameter vorzuschlagen. Dieser Vorschlag (s. Tabelle1) basiert auf den ermittelten doppelten Vergleichsstandardabweichungen und den Vergleichsvariationskoeffizienten.

Tabelle1: Vorschlag des Sächsischen Landesarbeitskreises „Futter und Fütterung“ für Analysenspielräume bei Grundfutteruntersuchungen (Stand Juni 2000)

Parameter	Messbereich (g/kg T)	Analysenspielraum
Trockensubstanz	900 - 970	+/- 1% R
Rohasche	<100	+/- 4 E
	>100 - 200	+/- 4% R
Rohprotein	<100	+/- 5 E
	>100	+/- 5% R
Rohfaser	>100	+/- 6% R
Rohfett	4-100	+/- 5 E
Stärke	>200	+/- 20 E
Calcium	1 - 8	+/- 0,8 E
	>8 - 60	+/- 10 % R
Phosphor	1 - 10	+/- 0,9 E
Magnesium	1 - 50	+/- 0,3 E

E= Einheiten absolut, d.h. hier in g/kg T

R = % relativ, bezogen auf den ermittelten Gehalt

Die Einhaltung dieser Analysenspielräume wird bei der jährlichen abschließenden Besprechung der Ringanalyse mit den teilnehmenden Laboren erörtert. Die Teilnehmer haben hier ebenso die Möglichkeit, über methodische Probleme zu diskutieren bzw. sich über aktuelle Probleme bei der Untersuchung und Bewertung von Futtermitteln zu informieren.

Für die erfolgreiche Teilnahme erhalten die Ringversuchsteilnehmer ein Zertifikat durch die jeweilige Landesanstalt für Landwirtschaft. Dieses Zertifikat stellt keine amtliche Anerkennung der Untersuchungsstelle dar, sondern dokumentiert lediglich den jeweiligen Leistungsstand. Eine Liste der erfolgreichen Teilnehmer wird über die Staatlichen Ämter für Landwirtschaft, das Agrarjournal Thüringen, den Infodienst für Beratung und Schule der sächsischen Agrarverwaltung und das Internet öffentlich bekannt gemacht. Interessierte Landwirte haben damit eine Möglichkeit, sich über Untersuchungsstellen in ihrer Nähe und deren Leistungsniveau zu informieren.

Fazit

Die Landesanstalten für Landwirtschaft in Sachsen und Thüringen tragen mit der Durchführung von Futtermittelringanalysen wesentlich zur Qualitätssicherung und Transparenz der Futtermitteluntersuchungen in ihren Bundesländern bei. Sie fördern die Harmonisierung der Untersuchungsmethoden und unterstützen die Labore bei

der Lösung methodischer Probleme bzw. bei der Interpretation von Analysenergebnissen. Sie leisten damit einen Beitrag zur Vertrauensbildung bei den Landwirten und zum Verbraucherschutz. Ziel der Ringversuche ist die weitere Verbesserung der analytischen Fertigkeiten in den beteiligten Untersuchungsstellen, der Nachweis von Fachkompetenz sowie die Gewinnung von homogenen Referenzstandardproben für den Routinebetrieb. Aus den Ergebnissen der Ringversuche lassen sich statistische Kennzahlen zu Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit für verschiedene Analysenmethoden ableiten bzw. bestätigen

Inhaltsstoffe in der Grassilage abgeleitet aus den Gehalten im Grüngut

Rutzmoser, Karl (Poing b. München)¹; Schuster, Manfred; Richter, Wolfgang

In der Anwendung der Futteruntersuchung für die Praxis bringt es einige Vorteile, wenn bereits aus einer Messung des Grüngutes auf die zu erwartenden Gehalte in der Grassilage geschlossen werden kann. Aus den Daten von Silierversuchen mit rund 200 Varianten (ohne und mit Siliermittel) in Bilanznetzen (114 Grassilagen vom 1. Schnitt, 64 Grassilagen von Folgeschnitten, 22 Klee gras-, Luzerne- oder Weidelgrassilagen) sowie 26 Grassilagen von Folgeschnitten aus landwirtschaftlichen Betrieben wurden die Veränderungen durch die Silierung überprüft. Die Rohnährstoffgehalte des Grüngutes und der Silagen sind in Tabelle 1 beschrieben.

Tabelle 1: Rohnährstoffgehalte im Grüngut und in den Silagen

	Grüngut			Grassilagen		
	Mittenwert	Stand.-abw.	Bereich von...bis	Mittenwert	Stand.-abw.	Bereich von...bis
Trockenmasse g/kg	360	76	186...554	354	69	185...543
Rohasche g/kg T	93	15	54...170	101	15	65...173
Rohprotein g/kg T	161	40	95...251	165	36	99...252
Rohfaser g/kg T	237	28	186...303	247	27	182f...323
Rohfett g/kg T	25	4	15...38	38	9	20...60

Bei den Silierversuchen waren auch die Gärkennwerte bekannt. Für die Schätzgleichungen wurde in Anlehnung an den mittleren Wert der Versuche der hier so bezeichnete Erhalt von 92 % angesetzt. Dies bezieht sich auf die Trockenmasse (T) von Ein- und Auslagerung und stellt das Gegenstück zu Verlust dar (Erhalt = 100 – Verlust, 92 = 100 – 8).

Trockenmassegehalt

Der Gehalt an Trockenmasse (T) verringert sich durch den Abbau von organischer Masse. Nach der stöchiometrischen Formel entstehen aus 1 g Kohlenhydrat 0,6 g Wasser, so dass der erwartete T-Gehalt entsprechend des Erhalts berechnet werden kann. Es kann sich andererseits durch die Verlagerung von Sickersaft aus dem Probenahmehorizont, vor allem bei nassen Silagen der T-Gehalt wieder erhöhen. Aus den Messungen wurde folgende Formel abgeleitet:

T-Gehalt Auslagerung = $48 + 0,85 \cdot \text{T-Gehalt Einlagerung (g/kg)}$

Bei höheren T-Gehalten ab 400 g/kg ergeben sich Werte nahe der Berechnung aus dem Erhalt, im mittleren T-Bereich um 350 g/kg liegt die Auslagerungs-T in der Nähe der Einlagerungs-T. Bei sehr feuchten Silagen unter 250 g/kg zeigt sich ein deutlicher Anstieg des T-Gehaltes beim Auslagern (Abzug von Sickerwasser).

Rohasche

Die Rohasche wird durch die Siliervorgänge nicht abgebaut, sie reichert sich entsprechend dem T-Abbau an, was bei dem angesetzten Erhalt von 92 % zu folgender Formel führt:

Rohasche Auslagerung = $1,087 \cdot \text{Rohasche Einlagerung (g/kg T)}$

¹ eMail: Karl.Rutzmoser@blt.bayern.de

Rohprotein

Bei Rohprotein (RP) ist einerseits eine Anreicherung durch den T-Verlust und andererseits der Abbau von RP zu Ammoniak (NH₃) beim Gärvorgang zu bedenken. Es muss davon ausgegangen werden, dass NH₃ bei der üblichen Trocknung des Probenmaterials entweicht und in der Analytik nicht als N oder Rohprotein erfasst wird. Da in den Versuchsproben der Ammoniakgehalt der (feuchten) Silagen gemessen wurde, kann dieser Effekt verfolgt werden. In der Tabelle 2 ist für 3 Stufen dargestellt, wie der Rohproteinwert in der Silage entsteht.

Tabelle 2: Ableitung des Rohproteingehaltes in der Silage, g/kg T

Rohprotein im Grüngut	120	160	200
RP nach Anreicherung bei 92 % Erhalt	130	174	217
RP aus Ammoniak in der Silage	6	11	16
RP in der Silage	124	163	201

Das Rohprotein bei der Einlagerung reichert sich rechnerisch mit dem angesetzten Faktor 100/92 nach Erhalt an. Davon ist das Rohprotein aus Ammoniak (Faktor NH₃ * 5,16 = RP-NH₃) abzuziehen. Aus der Regressionsrechnung zeigt sich eine stärkere NH₃-Bildung bei höheren RP-Gehalten, so dass bei Werten um 200 g das Rohprotein bei der Ein- und Auslagerung in etwa gleich ist. Der erwartete Analysenwert von Rohprotein in der Silage kann mitfolgender Formel beschrieben werden:

Rohprotein Auslagerung = 11 + 0,95 * Rohprotein Einlagerung (g/kg T)

Rohfaser

Beim Vergleich der Rohfasergehalte von Gras und Silage ist eine Erhöhung zu beobachten. Allerdings ist der Anstieg etwas geringer, als aus der Anreicherung durch die T-Verluste zu errechnen ist. Bei einem Gehalt im mittleren Bereich von 240 g Rohfaser/kg T im Grüngut ist der festgestellte Wert in der Silage bei 252 g/kg T. Das ist um 9 g unter dem erwarteten Wert von 261 g/kg T, der sich aus dem Erhalt von 92 % errechnet. Somit ist bei mittleren Rohfasergehalten ein Abbau von 9 g durch die Vergärungsvorgänge anzusetzen, bei höheren Gehalten ist der Abbau etwas stärker. Die aus den Daten abgeleiteten Veränderungen lassen sich mit folgender Formel beschreiben:

Rohfaser Auslagerung = 12 + 1,0 * Rohfaser Einlagerung (g/kg T)

Rohfett

In den Grundfutterproben aus der Praxis wird Rohfett nicht untersucht, es kann von einem mittleren Gehalt von 40 g/kg T in der Grassilage ausgegangen werden.

N-freie Extraktstoffe, NfE

Entsprechend der Weender Analyse sind die NfE der rechnerische Rest der Futtertrockenmasse nach der Formel:

NfE = 1000 – Rohasche – Rohprotein – Rohfaser – Rohfett

Anwendung

In der Tabelle 3 sind die mittleren Werte und Streuungen von den Schätzwerten der Inhaltsstoffe sowie deren Abweichungen zu den gemessenen Werten zusammengestellt. Die Standardabweichung der Abweichungen ist ein Maß für den Schätzfehler und schließt auch Zufallsfehler der Bestimmung sowohl beim Gras wie auch bei der Silage ein.

Die Untersuchung von Gras zum Silieren (meist angewelkt) wird seit 2001 im Rahmen der Futteruntersuchung des LKV Bayern angeboten. Der einsendende

Landwirt erhält neben den gemessenen Ergebnissen der Rohnährstoffe im Gras die zu erwartenden Gehalte in der Silage nach den aufgeführten Schätzgleichungen, verbunden mit dem einschränkenden Hinweis bei guter Vergärung.

Tabelle 3: Geschätzte Rohnährstoffgehalte und Abweichungen

	Geschätzte Gehalte in Grassilage			Abweichungen zu Messwerten in Grassilage		
	Mittenwert	Stand.-abw.	Bereich von...bis	Mittenwert	Stand.-abw.	Bereich von...bis
Trockenmasse g/kg	354	65	206...519	0	27	-90...+110
Rohasche g/kg T	101	16	59...185	0	8	-20...+ 31
Rohprotein g/kg T	164	38	101...249	-2	12	-34...+ 29
Rohfaser g/kg T	249	28	198...315	+2	12	-30...+ 43

Literatur

Rutzmoser, K.; Spann, B.; Richter, W. (2001): Vorschätzung von Silagen aus dem Grüngut – Teil 1: Veränderungen von Rohnährstoffgehalten von Gras und daraus gewonnenen Silagen.

Schule und Beratung, 9, IV-10 – IV-16

Energieschätzung von Grassilagen aus der Untersuchung des Grüngutes

Rutzmoser, Karl (Poing b. München)¹; Richter, Wolfgang; Spann, Balthasar

Wenn die erwarteten Rohrnährstoffgehalte in der Silage aus der Untersuchung des Grüngutes abgeleitet sind, bietet sich auch die Schätzung der Energie an. Hierbei sind verschiedene Wege möglich. So können die für Silage errechneten Rohrnährstoffwerte in Schätzgleichungen eingehen, welche auf einer entsprechenden Datengrundlage beruhen.

Die umsetzbare Energie (ME) in MJ für Wiederkäuer ist auf der Grundlage der verdaulichen Rohrnährstoffe definiert (GfE, DLG). Deshalb wird die Energieberechnung über die Schätzung der Verdaulichkeiten der Rohrnährstoffe (VQ) vorgenommen. Die VQ werden in Abhängigkeit von den ermittelten Rohrnährstoffen berechnet. Die linearen Gleichungen sind für jede Futterart eigens abgeleitet. Als Bezugswerte gehen XPOM (g Rohprotein je kg organischer Masse, OM) für VQ Rohprotein und XFOM (g Rohfaser/kg OM) für die VQen von Rohfaser, Rohfett und NfE ein. Die Menge an verdaulichem Rohrnährstoff ergibt sich aus Rohrnährstoff mal der zugehörigen Verdaulichkeit.

Da im hier betrachteten Fall die Rohrnährstoffe vom Grüngut gemessen, die Energie aber für die Silage bestimmt werden soll, werden die Beziehungen über die Verdaulichkeiten entwickelt. Aus den Bestimmungen der Rohrnährstoffe im Grüngut (z. B. für den Probandatensatz oder einem rechnerisch erzeugten Datensatz) werden zunächst mit den Rechenformeln die erwarteten Rohrnährstoffe in der Silage sowie die Werte von XPOM und XFOM jeweils für Gras und Silage errechnet. Aufgrund der für Grassilage benutzten Formeln der Verdaulichkeiten lassen sich die VQen und die verdaulichen Rohrnährstoffe in der Grassilage bestimmen.

Werden die verdaulichen Rohrnährstoffe in der Grassilage mit XPOM und XFOM im einzulagernden Gras in Beziehung gesetzt, kann die gefragte Gleichung als Regressionsfunktion ermittelt werden.

Die Rechenabläufe sollen an einem Beispiel mit Gras vom Erstschnitt aufgezeigt werden. Wenn die folgenden Rohrnährstoffe in der Grüngutprobe enthalten sind, ergeben sich nach den Formeln die angeführten Gehalte in der Silage (alle Werte in g/kg T):

Rohnährstoffe	Einlagerung	Grüngutprobe	Formel	Auslagerung	Silage
Rohasche	RA(G)	95	$1,087 \cdot RA(G)$	RA(S)	103
Rohprotein	RP(G)	160	$11 + 0,95 \cdot RP(G)$	RP(S)	163
Rohfaser	RF(G)	240	$12 + 1,0 \cdot RF(G)$	RF(S)	252
Rohfett	RL(G)	(40)		RL(S)	40
NfE	RN(G)	(465)		RN(S)	458
	RPOM(G)	177		RPOM(S)	182
	RFOM(G)	265		RFOM(S)	281

Die Berechnung der Verdaulichkeiten (in v.H.) und verdaulichen Rohrnährstoffe in Silage erfolgt mit dem Formelsatz, der aus den Daten der DLG-Tabellen (6. und 7. Auflage) abgeleitet wurde. Hier sind die Formeln für Grassilage 1. Schnitt aufgeführt:

¹ eMail: Karl.Rutzmoser@blt.bayern.de

Rohprotein	VQ RP(S1)	=	47,40 + 0,12033 * RPOM(S1)
Rohfaser	VQ RF(S1)	=	96,20 - 0,06713 * RFOM(S1)
Rohfett	VQ RL(S1)	=	62,56 + 0,01518 * RFOM(S1)
NfE	VQ RN(S1)	=	102,70 - 0,10110 * RFOM(S1)

Am Beispiel Rohfaser ergeben sich bei der Probe die VQ Rohfaser nach der Formel Grassilage von Erstschnitten und die verdauliche Rohfaser (VD RF) aus dem resultierenden VQ und RF-Gehalt in der Silage:

$$\begin{aligned} \text{VQ RF(S1)} &= 96,20 - 0,06713 * 281 \text{ (RFOM(S1))} = 77,34 \text{ (v.H.)} \\ \text{VD RF(S1)} &= 77,34 * 252 \text{ (RF(S1) / 100)} = 195 \text{ (g/kg T)} \end{aligned}$$

Diese VD RF(S1) in Beziehung zur Rohfaser im Gras (RF (G)) ergibt Verdaulichkeit der Rohfaser von Gras als Silage VQ RF(GS1):

$$195 / 240 * 100 = 81,25 \text{ (v.H.)}$$

Das heisst, bei 240 g Rohfaser im Gras entstehen 195 g verdauliche Rohfaser in der Silage oder die Verdaulichkeit ist mit 81,25 v.H. anzusetzen.

Werden diese Verdaulichkeiten mit den RFOM-Werten bzw, RPOM mit einer Regressionsanalyse mit dem Probandatensatz oder einem rechnerisch erzeugten Datensatz verrechnet, erhält man die gesuchten Regressionsgleichungen. Im Folgenden ist der Formelsatz als Ergebnis für Gras 1. Schnitt aufgeführt:

Rohprotein	VQ RP(GS1)	=	54,42 + 0,09221 * RPOM(G1)
Rohfaser	VQ RF(GS1)	=	103,90 - 0,08520 * RFOM(G1)
Rohfett	VQ RL(GS1)	=	62,77 + 0,01530 * RFOM(G1)
NfE	VQ RN(GS1)	=	98,49 - 0,09207 * RFOM(G1)

Wird am Beispiel der gewählten Probe die Formel für die Rohfaser eingesetzt, ergibt sich die nahezu gleiche Verdaulichkeit:

$$\text{VQ RF(GS1)} = 103,90 - 0,0852096,20 * 265 = 81,32 \text{ (v.H.)}$$

Mit dem Rohfasergehalt im Gras malgenommen, erhält man die gleiche Menge an verdaul. Rohfaser, wie direkt bei der Silage berechnet:

$$240 * 81,32 / 100 = 195 \text{ (g/kg T)}$$

Diese Menge (verdaulicher Rohnährstoff) geht dann direkt in die ME-Berechnungsformel ein.

In der Anwendung werden diese Formeln für Gras zum Silieren, unterschieden nach Erst- und Folgeschnitten gespeichert. Bei der Energieberechnung werden aus den Ergebnissen der Rohnährstoffgehalte des Grüngutes mit den letztgenannten Formeln die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe berechnet, welche mit den Gehaltswerten in die Berechnungsformel der ME eingehen.

In der Tabelle sind die mittleren Werte und Streuungen der Energieschätzung aus Grüngut für Silage sowie deren Abweichungen zu den Berechnungen direkt für Silagen nach Erst- und Folgeschnitten zusammengestellt. Die Standardabweichung der Abweichungen ist ein Maß für den Schätzfehler und schließt auch Zufallsfehler der Bestimmung sowohl beim Gras wie auch bei der Silage ein. Die Vorteile der Bestimmung des Futterwerts aus dem Grüngut, vor allem der leichteren

Probenziehung und der früheren Verfügbarkeit der Ergebnisse sind mit den dadurch entstehenden Fehlerursachen abzuwägen.

Tabelle: Geschätzte Energiegehalte (MJ/kg T) von Grassilagen und Abweichungen

	Energie in Silage Schätzung aus Grüngut			Abweichungen zu Berechnung aus Grassilage		
	Mitten- wert	Stand.- abw.	Bereich von...bis	Mitten- wert	Stand.- abw.	Bereich von...bis
ME Erstschnitt 114 Werte	10,60	0,50	9,74...11,32	+0,02	0,18	-0,29...+0,65
ME Folgeschnitte 90 Werte	9,63	0,27	9,22...10,70	-0,09	0,16	-0,54...+0,53

Literatur

Rutzmoser, K.; Spann, B.; Richter, W. (2001): Vorschätzung von Silagen aus dem Grüngut – Teil 2: Sätzung von Energie von Grassilagen aus den Roh Nährstoffgehalten von Gras.
Schule und Beratung, 10, IV-1 – IV-4

Silierbarkeit von Grünfutter in Abhängigkeit von den Nutzungsbedingungen

Kirsten Weiß¹, Ehrengard Kaiser¹ und A. Milimonka²

Problemstellung:

Wie neuere Untersuchungen ausweisen (Kaiser u.a., 1995, 1997 und 1999; Weiß, 2000), wird das in Abhängigkeit vom Gärungsverlauf entstandene Gärproduktmuster der Silagen sowohl von Trockensubstanzgehalt (TS) und Quotient Zucker (Z)/Pufferkapazität (PK) als auch vom Nitratgehalt des Grünfutters bestimmt. In den nachfolgend beschriebenen Untersuchungen wurde anhand mehrjähriger Feld- und Laborsilivversuche der Frage nachgegangen, wie sich die chemischen Parameter zur Kennzeichnung des Ausgangsmaterials zur Silierung unter den derzeitigen Produktionsbedingungen bei verschiedenen Aufwüchsen, Nutzungsbedingungen und Pflanzenarten verändern und welches Gär säuremuster die Silagen aufweisen. Im Zusammenhang mit der Silierbarkeit des Grünfutters wurde auch der Epiphytenbesatz und Clostridiensporengehalt des Siliergutes untersucht. Zur Einschätzung der Vergärbarkeit des Grünfutters werden neue Grenzwerte (Kaiser und Weiß, 2002 a und b) den bislang gültigen Grenzwerten gegenübergestellt.

Material und Methode:

Je ein Bestand *Dactylis glomerata* und *Festuca species* (Standort Versuchsstation Berge) sowie verschiedene Grasmischbestände (Standort Versuchsstation Blumberg) wurden unterschiedlichen Nutzungsvarianten unterworfen, die sich hinsichtlich Düngung und Schnittzeitpunkt unterscheiden. Es sind sowohl 3-Schnitt-Nutzungen, bei denen der erste Aufwuchs zum nahezu optimalen Zeitpunkt geerntet wurde, als auch 2-Schnitt-Nutzungen mit verzögertem Nutzungszeitpunkt des ersten Aufwuchses in drei Stufen (Anfang Juni, Ende Juni, Mitte Juli) geprüft worden. Mit Ausnahme eines Grasmischbestandes, bei dem eine Düngung mit 50 kg N/ ha jeweils zum ersten bis dritten Aufwuchs erfolgte, wurde das Ausgangsmaterial für diese Versuche nicht gedüngt. Das jeweilige Grünfutter wurde unter Versuchsbedingungen geerntet und in Laborsilos einsiliert (ohne Silierzusätze). Die Lagerungsdauer der Silagen betrug 180 Tage. Insgesamt wurden je 35 Versuche mit *D.glom.* und *F.spec.* (vierjährig, N = 70) und weitere 20 Versuche (einjährig, N = 20) mit Grasmischungen durchgeführt.

Die Prüfung der Merkmale des Grünfutters erfolgte im Hinblick auf die Einschätzung der Vergärbarkeit (TS, Z/PK und Nitratgehalt), ergänzend auf Rohfaser(RFa)- und Rohprotein(RP)-gehalt. Zusätzlich wurde der Clostridiensporengehalt (dreijährige Ergebnisse) und der natürliche Laktobakterienbesatz (zweijährige Ergebnisse) bestimmt. In den Silagen wurden die Merkmale der Gärqualität (pH, Milchsäure (MS), flüchtige Fettsäuren (FFS)) und Ammoniak (NH₃) analysiert.

Ergebnisse:

1. Siliereignung und Gärqualität

¹ Dr. Kirsten Weiß; Prof.Dr. habil. Ehrengard Kaiser, Humboldt- Universität zu Berlin, Institut für Nutztierwissenschaften, FG Futtermittelkunde, Invalidenstraße 42, D- 10115 Berlin; eMail: kirsten.weiss@agrar.hu-berlin.de

² Dr. A. Milimonka, Humboldt- Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, FG Grünlandssysteme, Invalidenstraße 42, D- 10115 Berlin

Das Grünfutter aller Nutzungsvarianten wies Nitratgehalte zwischen 0 und max. 0,5 g NO₃/ kg TS auf. Damit ist es durchweg als nitratarm bzw. nahezu nitratfrei einzustufen. Anhand der Gehalte an RFa, RP und TS sind die Formen der unterschiedlichen Nutzung sehr gut erkennbar.

Die TS-Gehalte der ersten Aufwüchse wiesen kaum signifikante Unterschiede zwischen den Pflanzenarten, mehr in Abhängigkeit vom Vegetationsverlauf innerhalb eines Jahres auf. Zum optimalen Schnitzeitpunkt lagen die TS-Gehalte zwischen 20 und 30%. Bei Schnittverzögerung des ersten Aufwuchses stiegen die TS-Gehalte bis 40% (Grasmischungen), 45 % (*D.glom.*) bzw. auch bis 50 % (*F.spec.*) an (s.Tab.1).

Tabelle 1: Ergebnisse zur Silierbarkeit von verschiedenen Futterpflanzen und Standorten (Quelle: Weiß, 2000)

	<i>D.glom.</i> / <i>F.spec.</i>	<i>Grasmischungen</i>
Anzahl der Versuche n	35 / 35	20
Nitratgehalt	< 0,5 g NO ₃ / kg TS	
TS 1.Aufwuchs	21% bis 45% und 50%	20 % bis 40%
2.Aufwuchs	< 30 %	
3.Aufwuchs	< 30%	< 25%
WLKH	<i>F.spec.</i> > <i>D.glom.</i>	Unterschiede im Gehalt zwischen den Grasmischbeständen
PK	Kaum Unterschiede zwischen Nutzungsvarianten innerhalb eines Jahres	
Clostridiensporengehalt MPN/ g FM	< 1 x 10 ³	< 6 x 10 ²
Laktobakterienbesatz KBE/ g FM	Bei 2. /3. Aufwüchsen höher als bei 1. Aufwüchsen; 4 von 16 Versuchen mit > 10 ⁵ KBE/ g FM	Bei 2. /3.Aufwüchsen höher als bei 1. Aufwüchsen; nicht über 10 ⁵ KBE/ g FM

Die TS-Gehalte der zweiten und dritten Aufwüchse lagen bis auf wenige Ausnahmen unter 30%.

Aus den Ergebnissen zum Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten (Z) war ersichtlich, daß die ersten Aufwüchse meist zuckerreicher als die Folgeaufwüchse waren. Die *F.spec.* wiesen insbesondere bei den ersten Aufwüchsen überwiegend höhere Z-Gehalte als *D.glom.* auf. Bei Schnittverzögerung sanken die Gehalte in der Tendenz ab. Die Schwankungen zwischen den vier Versuchsjahren waren, offensichtlich witterungsbedingt, größer als zwischen den Pflanzenarten. Bei den verschiedenen Grasmischbeständen des einjährigen Versuchsprogramms waren die Unterschiede im Zuckergehalt zwischen den Partien sehr groß.

Die Pufferkapazität variierte weniger stark, sowohl zwischen den Pflanzenarten als auch zwischen den Jahren.

Der Clostridiensporengehalt aller Grünfutterpartien ist als sehr gering einzuschätzen. Es ist zu beachten, daß unter Versuchsbedingungen geerntet wurde.

Das Grünfutter der ersten Aufwüchse wies nur einen geringen natürlichen Laktobakterienbesatz bis höchstens 10³ KBE/ g FM auf. Bei den Folgeaufwüchsen lagen die Keimgehalte höher, vereinzelt bis 10⁶ KBE/ g FM (s.Tab.1).

Die Silagen der *F.spec.* enthielten gegenüber *D.glom.* und den untersuchten Grasmischungen bei allen Aufwüchsen höhere MS-Gehalte und deutlich niedrigere Buttersäure(BS)- Gehalte. Im Vergleich zu den Folgeaufwüchsen hatten die Silagen der ersten Aufwüchse die niedrigsten MS-Gehalte. Besonders hervorzuheben ist, daß in nahezu allen Silagen trotz z.T. hoher Milchsäuregehalte Buttersäure

nachgewiesen wurde. Die Silagen der ersten Aufwüchsen enthielten durchgehend Buttersäure. Einige wenige BS-freie Silagen traten nur bei den Folgeaufwüchsen auf. Bezüglich der Essigsäure(ES)-gehalte waren kaum Unterschiede zwischen den Pflanzenarten festzustellen. Die Essigsäuregehalte lagen insgesamt unterhalb von 2,5 % ES in TS. Die Silagen der ersten Aufwüchse wiesen im Mittel die niedrigsten ES-Gehalte auf.

2. Einschätzung der Vergärbarkeit

Die Einschätzung der Vergärbarkeit des Grünfutters wird bislang anhand der bekannten Grenzwerte der Vergärbarkeit nach TS und Z/PK vorgenommen (Abb.1). Wie aus Abb.1 zu entnehmen ist, sind jedoch in dem Bereich oberhalb der Grenzwertlinie, in dem BS-freie Silagen erwartet wurden, BS-haltige Silagen aufgetreten. Demnach trifft bei Fehlen von Nitrat im Grünfutter diese Grenzwertlinie nicht zu. Für Grünfutter mit geringeren Nitratgehalten sind an TS und Z/PK zur Erzielung BS-freier Silagen höhere Anforderungen zu stellen.

Abb.2 zeigt das Ergebnis der vorliegenden Untersuchungen, bei denen Grenzwerte der Vergärbarkeit herangezogen wurden (Kaiser und Weiß, 2002 a und b), die zusätzlich zu TS und Z/PK den Nitratgehalt berücksichtigen. Es wurde die Grenzwertlinie für Nitratgehalte bis 1g NO₃/ kg TS (nitratfreies Grünfutter) angewendet. Wie aus dieser Abbildung erkennbar ist, konnten mit diesem Modell die Grenzbedingungen zur Erzeugung BS-freier Silagen relativ gut gekennzeichnet werden. Trotz hoher TS- und Z/PK-Werte ist das Grünfutter danach als überwiegend schwer vergärbar einzustufen.

$$TS_{\min} (\%) = 45 - 8 \text{ Z/PK}$$

(Weißbach u.a., 1974)

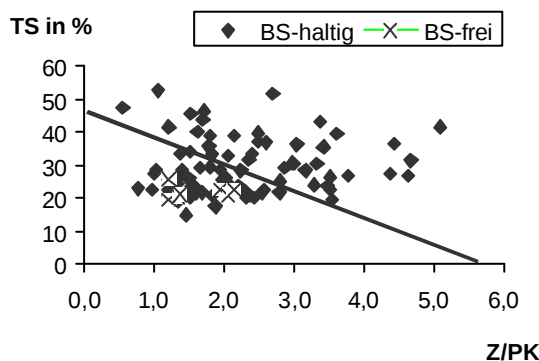


Abbildung 1: Einschätzung der Vergärbarkeit nach TS und Z/PK -

$$TS_{\min} (\%) = 62 - 7,1 \text{ Z/PK}$$

(Kaiser und Weiß, 2002)

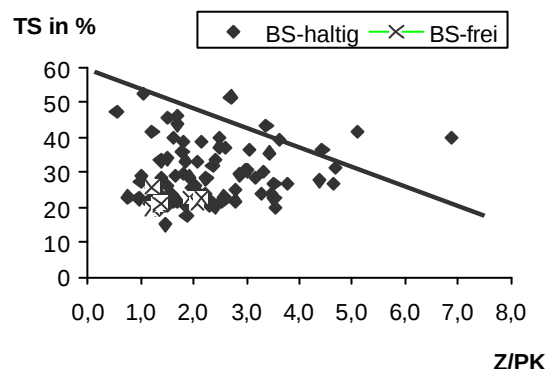


Abbildung 2: Einschätzung der Vergärbarkeit nach TS und Z/PK unter Berücksichtigung des Nitratgehaltes

Diskussion und Schlußfolgerungen:

TS, Z/PK und natürlicher Laktobakterienbesatz des zur Silierung verwendeten Grünfutters, durchgehend nitratarm, waren je nach Aufwuchs unterschiedlich.

Mit verzögerter Schnittnutzung beim ersten Aufwuchs verbessert sich infolge TS-Erhöhung die an TS und Z/PK gemessene Siliereignung. Bei überwiegend günstiger Beurteilung der ersten Aufwüchse bezüglich TS und Z/PK und trotz relativ hoher Milchsäuregehalte in den Silagen trat dennoch Buttersäure auf.

Der natürliche Laktobakterienbesatz war bei den Folgeaufwüchsen höher als bei den ersten Aufwüchsen.

Diese Folgeaufwüchse sind nach TS und Z/PK hinsichtlich der Siliereignung als ungünstig zu beurteilen. MS-Gehalte in den Silagen waren hier jedoch in der Tendenz höher und BS-Gehalte geringer bzw. es traten sogar einige BS-freie Silagen auf.

Die Vergärbarkeit von nitratarmem Grünfutter kann anhand der bislang verwendeten Grenzwerte nach $TS_{\min} (\%) = 45 - 8 \text{ Z/PK}$ (Weißbach u.a., 1974) nicht zutreffend eingeschätzt werden. Wie neuere Untersuchungen (Kaiser und Weiß, 2002 a und b) gezeigt haben, trifft diese Beziehung nur zu, wenn das Grünfutter wenigstens 4g NO_3^- / kg TS aufweist. Bei sehr geringen Nitratgehalten im Grünfutter sind die chemischen Parameter TS und Z/PK allein zur Einschätzung der Vergärbarkeit nicht ausreichend. Es hat sich gezeigt, dass bei Fehlen von Nitrat ein besonderes Risiko für das Auftreten von Buttersäure besteht. Der Nitratgehalt des Grünfutters ist deshalb zusätzlich zu berücksichtigen. In einem neuen Konzept zur Einschätzung der Vergärbarkeit von Grünfutter (Kaiser und Weiß, 2002 a und b) wird neben TS und Z/PK der Nitratgehalt einbezogen, wobei darüber hinaus der Clostridiensporengehalt des Grünfutters berücksichtigt wird.

Literaturverzeichnis

Kaiser, E.; Weiß, K.; Milimonka, A. (1995): Silierbarkeit von nitratarmem Grünfutter. Kongreßband, 107. VDLUFA-Kongreß, Garmisch- Partenkirchen, 777-780

Kaiser, E.; Weiß, K.; Zimmer, J. (1997): Zum Gärungsverlauf bei der Silierung von nitratarmem Grünfutter. 1. Mitt.: Gärungsverlauf in unbehandeltem Grünfutter. Arch. Anim. Nutr., 50, 87-102

Kaiser, E.; Weiß, K.; Milimonka, A. (1999): Untersuchungen zur Gärqualität von Silagen aus nitratarmem Grünfutter. Arch. Anim. Nutr. 52, 75-93

Weiß, Kirsten (2000): Gärungsverlauf und Gärqualität von Silagen aus nitratarmem Grünfutter. Dissertation Humboldt- Universität zu Berlin

Kaiser, E.; Weiß, K. (2002a): Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Silierung. Was folgt daraus für die Praxis? Milchpraxis 2/2002, S. 94 – 97

Kaiser, E.; Weiß, K. (2002b): A new concept of estimation of ensiling potential of green forage . Proceedings XIII. International silage conference, Ayr (GB) 11.- 15.September 2002 (unpublished)

Weißbach, F.; Schmidt, L.; Hein, E. (1974): Method of anticipation of the run fermentation in silage making, based on the chemical composition of the green fodder. Proc. XII.Intern. Grassland Congr., Sec.2, 663-673

Schnellmethode (in vitro) zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit von MSB-Präparaten bei unterschiedlichen Fermentationsbedingungen

Zierenberg, Brit (Rostock)¹; Friedel, Klaus; Gabel, Martin

Einleitung

Den Landwirten werden in großer Vielfalt Milchsäurebakterienstarterkulturen als biologische Siliermittel angeboten. Auf dem deutschen Markt verfügen zur Zeit etwa 40 Milchsäurebakterien (MSB)- Präparate über das DLG-Gütezeichen für biologische Siliermittel. Mit diesen Starterkulturen soll der vom Trockensubstanz (TS) -gehalt abhängige konservierungswirksame pH-Wert schneller eingestellt werden, als dies allein durch die epiphytischen MSB möglich ist. In Ergänzung und zur Reduzierung der zum Teil sehr kostenaufwendigen Silierversuche wurde eine *in vitro* Methode entwickelt, mit der die Leistungsfähigkeit der angebotenen MSB-Präparate bei unterschiedlichen Fermentationsbedingungen (osmotischer Druck entsprechend des TS-Gehaltes, Temperatur, Gärsubstrate und Pufferkapazität (PK), epiphytischer Besatz) bestimmt werden kann. Das Prinzip der *in vitro* Methode ist die Ansäuerung von Pflanzenaufgüssen zu denen die MSB-Präparate in der vom Hersteller vorgeschlagenen Dosierung zugesetzt werden. Die Inkubation verschiedener Pflanzenmaterialien kann bei unterschiedlichen Temperaturen und Osmolalitäten (TS-Gehalt) erfolgen. Durch den Einsatz der vorzustellenden *in vitro* Methode kann eingeschätzt werden, wie schnell und ob in ausreichendem Umfang konservierungswirksame Milchsäure durch die zugesetzten MSB unter speziellen Bedingungen gebildet wird.

Material und Methoden

Die *in vitro* Methode geht auf einen Vorschlag von PIEPER *et al.* (1989) zurück, die auf Basis von wässrigen Pflanzenaufgüssen die Vergärbarkeit von Pflanzenmaterial einschätzten. Die Methode wurde von ZIERENBERG (2000) dahingehend modifiziert, dass unterschiedliche osmotische Verhältnisse durch den Zusatz von KCl eingestellt werden (entsprechend verschiedener TS-Gehalte) und zur Prüfung von Temperatureinflüssen die KCl-haltigen Pflanzenaufgüsse bei unterschiedlichen Temperaturen inkubiert werden.

50g gemustes und gut homogenisiertes Pflanzenmaterial werden mit 200ml unterschiedlich konzentrierter KCl-Lösung versetzt, mit MSB in der vom Hersteller vorgeschlagenen Impfdichte beimpft und entsprechend der Zielstellung inkubiert. Bei den hier vorzustellenden Ergebnissen wurden vier Pflanzenmaterialien (*Lolium perenne*, *Agropyron repens*, *Medicago sativa* und *Trifolium pratense*) verwendet. Die chemisch bestimmten Silierparameter sind in der Tabelle 1 dargestellt. In Parallelansätzen kam es jeweils zum Zusatz von 2% Saccharose in der Frischmasse (FM), um das Gärsubstratspektrum zu erweitern und Aussagen zur möglichst umfangreichen Umsetzung von Gärsubstraten in Milchsäure und über die Säure- bzw. Osmotoleranz von MSB zu erhalten.

¹ eMail: b1z1@hotmail.com

Tab. 1: Pflanzenarten und chemisch bestimmte Parameter ihrer Siliereignung

Pflanzenart	Zucker (Z) in g/kg TS		PK g MS/kg TS	Z/PK	
	original	+ 2% Saccharose		original	+ 2% Saccharose
<i>Lolium perenne</i>	142	271	34	4,2	8,0
<i>Agropyron repens</i>	67	193	53	1,3	3,6
<i>Medicago sativa</i>	67	176	76	0,9	2,3
<i>Trifolium pratense</i>	32	132	53	0,6	2,5

Durch den Zusatz von KCl wurden drei Osmolalitäten eingestellt, die den osmotischen Druck im Pflanzenwasser bei unterschiedlichen TS-Gehalten simulieren: 1,2 osmol entspricht ~ 35% TS; 1,9 osmol entspricht ~ 45% TS und 2,5 osmol entspricht ~ 52% TS. Die den Osmolalitäten entsprechenden TS-Gehalte wurden kalkuliert, indem zunächst über das Raoult'sche Gesetz und den Molenbruch die Wasseraktivität bestimmt wurde und anschließend der TS-Gehalt mit Hilfe der Gleichung von GREENHILL (1964) berechnet wurde. In die Auswertungen wurden drei MSB-Präparate (P1: 3×10^5 koloniebildende Einheiten (KBE)/g FM, *Lb. plantarum*, *Ent. faecium*, *Ped. acidilactici*; P2: 3×10^5 KBE/g FM, *Lb. plantarum*; P3: 1×10^6 KBE/g FM, *Lb. plantarum*) und die unbehandelte Kontrolle einbezogen. Die Inkubation erfolgte bei 35°C, da Untersuchungen von ZIERENBERG (2000) gezeigt haben, dass diese Temperatur dem Temperaturoptimum von MSB sehr nahe kommt. Um die Schnelligkeit und den Umfang der Ansäuerung zu beurteilen, wurde der pH-Wert nach einem bestimmten Zeitregime gemessen (14, 18, 22, 26, 38 und 46h) und die Fermentationsprodukte (Milchsäure (MS), Essigsäure, Ethanol, Buttersäure, Bernsteinsäure, 2,3-Butandiol) in den Filtraten bestimmt. Die dargestellten Ergebnisse beschränken sich auf die MS-Bildung.

Die Analyse der MS erfolgte über die HPLC und wurde nach der Gleichung von BLOCK und WEISSBACH (1982) in % der TS angegeben. Die wasserlöslichen Kohlenhydrate wurden mit der Anthron Methode nach ZWIERZ *et al.* (1981) und die Pufferkapazität durch Titration mit n-Milchsäure bis pH 4,0 nach WEISSBACH (1967) bestimmt.

Die Auswertung wurde über die Bildung multipler Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen Zuckergehalt (x_1) und PK (x_2) der Pflanzen ($n = 8$) sowie der gebildeten Milchsäure (y) im *in vitro* Test mit Hilfe des Programms SPSS, Version 10,0 für WINDOWS vorgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Die biostatistischen Parameter in Tabelle 2 zeigen, dass die Anpassung der berechneten multiplen Regressionsgleichungen sehr unterschiedlich sein kann und sich die Beziehungen verändern, wenn unterschiedliche MSB-Präparate und Osmolalitätsstufen eingesetzt werden. Das Bestimmtheitsmaß der bei MSB-Zusatz berechneten Gleichungen nimmt von 1,2 osmol nach 2,5 osmol ab. Das weist auf erhöhte Schwankungen und Unsicherheiten des Präparateinsatzes bei höheren Osmolalitäten hin. Dass die Gleichungen von der Kontrolle, P1 und P2 bei 3,1 osmol ein relativ hohes Bestimmtheitsmaß und eine geringe Reststreuung zeigten, steht mit der absoluten Hemmung der MS-Bildung im Zusammenhang (Tab. 3).

Tab. 2: Biostatistische Parameter (Bestimmtheitsmaß = B und Reststreuung = s) der multiplen Regressionsgleichungen zwischen chemisch bestimmten Parametern des Futters (Zucker, PK) und der MS-Bildung im *in vitro* Test

	1,2 osmol		1,9 osmol		2,5 osmol		3,1 osmol	
	s	B	s	B	s	B	s	B
Kontrolle	2,94	0,75	2,25	0,70	1,23	0,80	0,30	0,66
P1	1,77	0,81	2,08	0,70	1,42	0,39	0,22	0,72
P2	0,53	0,99	1,41	0,93	2,64	0,53	0,19	0,83
P3	1,98	0,82	2,30	0,76	3,00	0,64	3,10	0,33

Die am Ende der Inkubation gemessene MS-Menge ist bei geringem Gärsubstratangebot vor allem Ausdruck der Effektivität des Umsatzes von Gärsubstraten zu Milchsäure und bei ausreichendem bzw. hohem Gärsubstratangebot Ausdruck der Begrenzung der MS-Bildung durch Eigenschaften der MSB bei differenzierten Fermentationsbedingungen (Säure-, Osmo-, Thermotoleranz). Dem wurde Rechnung getragen, indem die Funktionswerte für 100 bzw. 200 g Zucker/kg TS berechnet wurden (Tabelle 3). Bei einer hohen Pufferkapazität, also bei Pflanzenmaterial mit stärkeren Puffereigenschaften wurde in den meisten Fällen weitaus mehr MS gebildet als bei geringer PK, da hier der konservierungswirksame pH-Wert eher erreicht wird und eine Hemmung der MS-Bildung eintritt.

Präparat P1 kam bezüglich der berechneten Funktionswerte für die MS-Bildung der Variante ohne Präparateinsatz (Kontrolle) sehr nahe. Ein positiver Einfluß des Einsatzes von P1 war reproduzierbar bei erhöhter Pufferkapazität (PK = 80) zu sehen, bei der das MS-Bildungsvermögen höher als bei der Kontrolle war. Im Allgemeinen wurde die MS-Bildung ab einer Osmolalität von 2,5 osmol gehemmt. Das traf nicht für das Präparat P3 zu, welches bis 2,5 osmol MS-Mengen in immer gleicher Größenordnung produzierte.

Tab. 3: Funktionswerte von multiplen Regressionsgleichungen für Beziehungen zwischen Zuckergehalt (x_1), Pufferkapazität (x_2) und Milchsäurebildung (y) in Abhängigkeit von der Osmolalität und dem eingesetzten MSB-Präparat

Funktionswerte bei 35°C für				
Zucker = 200 g / kg TS		Zucker = 100 g / kg TS		
	PK = 30	PK = 80	PK = 30	PK = 80
1,2 osmol				
Kontrolle	8,4	11,2	2,7	5,5
P1	8,0	13,4	3,7	9,1
P2	13,0	17,1	5,7	9,8
P3	8,5	16,3	3,8	11,6
1,9 osmol				
Kontrolle	9,0	11,2	5,0	7,2
P1	7,7	13,8	4,2	10,3
P2	12,2	17,0	6,3	11,1
P3	10,2	16,3	5,5	11,6
2,5 osmol				
Kontrolle	5,6	0,1	4,7	0,8
P1	5,6	6,5	4,3	5,2
P2	10,0	13,4	6,8	10,2
P3	10,4	16,0	5,8	11,4
3,1 osmol				
Kontrolle	1,6	0,7	1,0	0,1
P1	0,6	0,1	0,4	(-0,1)
P2	0,9	0,2	0,6	(-0,1)
P3	6,5	5,1	4,4	3,0

Die Präparate P2 und P3 waren durch eine bei weitem höhere MS-Bildung gekennzeichnet als P1. Vergleicht man beide Präparate miteinander, fällt auf, dass P2 im unteren Osmolalitätsbereich und P3 im hohen Osmolalitätsbereich mehr MS bildete. Das weist auf die unterschiedliche Osmotoleranz der Präparate hin und zeigt die Möglichkeit auf, je nach zu erwartendem TS-Gehalt das geeignetere Präparat einzusetzen.

Bei 1,2 und 1,9 osmol trat vor allem bei niedrigem Gärsubstratangebot (100 g/kg TS) der Befund auf, dass bei 1,9 osmol mehr MS gebildet wurde als bei 1,2 osmol. Weiterführende Untersuchungen, auf die hier nicht weiter eingegangen wird, haben gezeigt, dass im unteren Osmolalitätsbereich neben der MS-Gärung andere Gärungen auftraten, die das Gärsubstratangebot für die MS-Gärung stark reduzieren können.

Bei geringerem Gärsubstratangebot war bei niedrigen Osmolalitäten auch P1 zur effektiven Umsetzung in MS befähigt. Bei 2,5 osmol zeigt sich jedoch schon, dass eine erhöhte PK nicht zu einem Mehrertrag an MS führt, da hier die Grenze der Säuretoleranz bei gegebenem osmotischen Druck offenbar erreicht war. Das wird auch durch die Ergebnisse bei genügendem Gärsubstratangebot bestätigt. Die hier gebildete MS durch P1 übertraf die MS-Menge bei unzureichendem Gärsubstratangebot nur geringfügig. Die Möglichkeit der Einschätzung der Säuretoleranz bei definiertem osmotischen Druck wird als sehr großer Vorteil der *in vitro* Methode angesehen, da offenbar mit steigendem osmotischen Druck die

Säuretoleranz abnimmt und umgekehrt mit sinkendem pH-Wert die Osmotoleranz zurückgeht.

Bei hoher PK fällt auf, dass bei der Kontrolle und 2,5 osmol keine nennenswerten MS-Mengen gebildet wurden. Dieser Befund ist Ausdruck derjenigen Wertepaare, die durch die Leguminosen in die Regressionsgleichung eingingen. Hier bestätigt sich der allgemeine Kenntnisstand der Silierung, dass Leguminosen oftmals über einen geringen und ineffizienten epiphytischen MSB-Besatz verfügen, der zudem eine geringe Osmotoleranz aufweist.

Zusammenfassung

Die vorgestellten Ergebnisse einer neuen *in vitro* Methode betreffen Aussagen zum MS-Bildungsvermögen von MSB-Präparaten bei zum Teil extremen Bedingungen. Diese Aussagen sind wichtig, da MSB als Starterkulturen bei der Silierung in der landwirtschaftlichen Praxis eingesetzt werden und auch unter extremen Bedingungen der Silierpraxis einen positiven Effekt auf die Einstellung des konservierungswirksamen pH-Wertes ausüben sollen. In der vorgestellten Studie wurden der osmotische Druck, der vom TS-Gehalt des Siliergutes abhängt, das Gärsubstratangebot und die Puffereigenschaften des Pflanzenmaterials in die Untersuchungen einbezogen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich mit der *in vitro* Methode folgende Differenzierungen zwischen den Präparaten vornehmen lassen:

- Das Präparat P1 war das relativ leistungsschwächste Präparat mit einer geringen Osmo- und Säuretoleranz. Bei einer niedrigen PK war es zu keiner erhöhten MS-Bildung gegenüber der Kontrolle befähigt, was auf eine schlechte Effektivität der Umsetzung des bereitgestellten Zuckers in MS hinweist.
- P2 setzte bei niedriger Osmolalität am effektivsten die Gärsubstrate in MS um. Ab 2,5 osmol war eine Hemmung der MS-Bildung zu verzeichnen.
 - Das durch die höchste Osmo- und Säuretoleranz gekennzeichnete Präparat P3 war auch bei 3,1 osmol noch zur Bildung von nennenswerten MS-Gehalten in der Lage. Gegenüber P2 wies es im niedrigen Osmolalitätsbereich zumeist leichte Nachteile auf.

Die vorgestellte *in vitro* Methode ist sehr einfach in ihrer Handhabung und liefert in kurzer Zeit eine große Anzahl gut reproduzierbarer Ergebnisse. Die Methode eignet sich sehr gut für die Bestimmung und Abgrenzung der Leistungsfähigkeit von MSB-Präparaten bei unterschiedlichen Fermentationsbedingungen und stellt eine sinnvolle Ergänzung zu den durch die DLG durchgeführten Silierversuchen dar.

Literaturverzeichnis

- Block, H.-J. und F. Weissbach (1982): Zur gaschromatographischen Bestimmung flüchtiger Fettsäuren in Silagen mit innerem Standard. Archiv für Tierernährung 32, 9, 693-702.
- Greenhill, W.L. (1964): Plant juices in relation to silage fermentation. III. Effect of water activity of juice. Journal of the British Grassland Society 19, 336-339.
- Pieper, B.; J. Kleemann; S. Poppe; H. Allert; K. Losch; H. Wittchen; E. Mielitz und A. Schulz (1989): Verfahren zur Bestimmung der Vergärbarkeit von Futtermitteln. Patentschrift, DD 281 255 A5.
- Weissbach, F. (1967): Die Bestimmung der Pufferkapazität der Futterpflanzen und ihre Bedeutung für die Beurteilung der Vergärbarkeit. Tagungsbericht 92, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, 211-220.
- Zierenberg, B. (2000): *In vitro* Methode zur Beurteilung der Fermentationsleistung von Milchsäurebakterien und deren Einfluß auf die Stoffwechselaktivität weiterer

für die Silierung relevanter Mikroorganismen bei unterschiedlichen Fermentationsbedingungen. Dissertation, Universität Rostock.

Zwierz, P.; S. Kuhla und F. Weissbach (1981): Zur Schätzung des energetischen Futterwertes anhand von analytisch bestimmbareren Kriterien. I. Mitteilung: Prüfung eines Vorschlages zur Veränderung der Weender-Futtermittelanalyse. Archiv für Tierernährung 31, 395-399.

Vergleichende methodische Untersuchungen zur Quantifizierung der mikrobiellen Kontamination bei Anwendung der Nylon-Beutel-Technik zur Ermittlung des ruminalen Futterproteinabbaus

Schmidt, Thomas (Rostock); Gabel, Martin; Voigt, Jürgen; Krawielitzki, Klaus

Einleitung

In modernen Proteinbewertungssystemen findet zur Bestimmung der ruminalen Rohprotein-Abbauraten beim Wiederkäuer vor allem die *In-situ*-Methode Anwendung. Im Vordergrund steht dabei die Quantifizierung des unabgebauten Futterrohproteins (UDP) im Pansen. Eine wesentliche Fehlerquelle bei Anwendung der *In-situ*-Methode stellt die mikrobielle Kontamination der Inkubationsresiduen dar. Die Berücksichtigung des Mikrobenproteins in den Inkubationsresiduen nach Panseninkubation kann in Abhängigkeit vom Futtermittel zur Erhöhung der Genauigkeit der Schätzung des intraruminalen Rohproteinabbaus führen. In einem Methodenvergleich wurde der Frage nachgegangen, in welchem Umfang sich dieser Fehlereinfluß minimieren läßt.

Material und Methoden

Zur Ermittlung des ruminalen Rohprotein-Abbaus wurden *In-situ*-Abbaumessungen in Anlehnung an MADSEN & HVELPLUND (1994) durchgeführt. Für die Untersuchungen standen 3 am Pansen fistulierte Ochsen (LM: 600-700 kg) zur Verfügung. Zur Ermittlung des mikrobiellen N-Anteils in den Inkubationsrückständen erfolgte die ^{15}N -Markierung der Pansenmikroben der 3 Versuchstiere durch kontinuierliche Eingabe von $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ in den Pansen bei Verwendung unmarkierter Futtermittel. Die Isolierung der Pansenbakterien wurde entsprechend der Methode von KRAWIELITZKI & VOIGT (1988) durchgeführt. Die mikrobielle Kontamination der Futterprobenrückstände in den Nylon-Beuteln nach der Inkubation konnte dann auf Basis der ^{15}N -Anreicherung der Residuen sowie der isolierten Pansenbakterien ermittelt werden. Als Vergleichsmethode zur ^{15}N -Marker-Technik fand das Stomacher-Verfahren (SHARPE & JACKSON, 1972) Anwendung. Eine Gräsermischung von Sorten Deutschen Weidelgrases sowie Mais-Ganzpflanze von jeweils drei verschiedenen Schnitzeitpunkten wurden für die Inkubation verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Verringerung des XP-Gehaltes bei den Proben von Dt. Weidelgras bei gleichzeitigem Anstieg der Gerüstsubstanzgehalte mit Fortschreiten der Vegetation wird aus Tab. 1 ersichtlich. Die Proben der Mais-Ganzpflanze zeichnen sich durch einen relativ konstanten XP-Gehalt bei gleichzeitiger Abnahme des Gerüstsubstanzgehaltes mit zunehmendem Reifestadium aus.

Tab.1: Charakterisierung der verwendeten Futterproben

Probe	Schnittzeitpunkt	Inhaltsstoffe in % T		
		XP	Zellulose	Hemizellulose
Dt. Weidelgras	Weidereife	25	18	16
	Siloreife	18	27	21
	Heureife	10	31	25
Mais-Ganz-pflanze	Teigreife	9	22	28
	Gelbreife	8	21	20
	Vollreife	8	16	22

Aus Tab. 2 gehen Ergebnisse zur Effizienz des Stomacherns im Vergleich zu den unbehandelten Proben für verschiedene Inkubationszeiten hervor. Die Werte wurden auf Basis der ^{15}N -Markierung ermittelt. Aus den vorliegenden Ergebnissen läßt sich ableiten, daß die Stomacher-Behandlung nur begrenzt eine Abtrennung der Mikroben von den Inkubationsresiduen bewirkt.

Tab. 2: Bakterien-N (in mg) in den Inkubationsresiduen

Probe	Schnitt-zeit-punkt	Behandlung und Inkubationszeit					
		^{15}N -Markierung*			^{15}N -Markierung + Stomacher**		
		4h	12h	48h	4h	12h	48h
Dt.	Weidereife	11,2 $\pm$ 0,40	9,7 $\pm$ 1,25	4,5 $\pm$ 0,84	k.A.	5,7 $\pm$ 1,22	1,2 $\pm$ 0,10
Weidel-gras	Siloreife	25,1 $\pm$ 0,86	38,5 $\pm$ 3,04	17,8 $\pm$ 3,22	16,1 $\pm$ 0,52	k.A.	5,3 $\pm$ 0,76
	Heureife	16,4 $\pm$ 0,42	176,6 $\pm$ 9,86	23,4 $\pm$ 4,16	13,2 $\pm$ 0,29	58,0 $\pm$ 3,81	6,7 $\pm$ 0,50
Mais-	Teigreife	45,9 $\pm$ 0,95	26,6 $\pm$ 1,82	17,5 $\pm$ 1,64	20,3 $\pm$ 0,89	21,6 $\pm$ 1,10	11,6 $\pm$ 1,24
Ganz-	Gelbreife	22,4 $\pm$ 0,72	34,3 $\pm$ 2,93	21,9 $\pm$ 2,19	16,7 $\pm$ 0,69	22,5 $\pm$ 1,65	11,8 $\pm$ 2,31
pflanze	Vollreife	44,8 $\pm$ 1,13	19,1 $\pm$ 1,60	16,0 $\pm$ 1,81	33,0 $\pm$ 0,75	k.A.	13,0 $\pm$ 1,72

* $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$, n = 24; ** $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$, n = 12

Im Mittel aller in der Tab. 2 dargestellten Werte lag der Abtrennungserfolg des Stomacherns bei 43%. Dabei reichte die Spanne von 19% (Mais-Ganzpflanze-

Teigreife bei 12h-Ink.) bis zu einem Abtrennungserfolg von 73% (Dt. Weidelgras-Weidereife bei 48h-Ink.)

Literatur

- KRAWIELITZKI, K.; VOIGT, J. (1988): Arch. Anim. Nutr. 38: 1 - 11
 MADSEN, J.; HVELPLUND, T. (1994): Livestock Prod. Sci. 39: 201 - 212
 SHARPE, A.N.; JACKSON, A.K. (1972): Appl. Microbiol. 24: 175 – 178

Einsatz von pansengeschütztem Methionin bei Milchkühen

Alert, Hans-Joachim (Köllitsch)¹; Klos, Kurt; Fröhlich, Brigitte

Problemstellung:

Die Forderung nach minimaler Belastung der Umwelt durch die Tiere, aber auch Fragen der Wirtschaftlichkeit, verlangen eine möglichst genaue Deckung des Protein- und Energiebedarfs. Durch den Einsatz von pansengeschütztem Methionin soll dazu ein Beitrag geleistet werden. Da es mit herkömmlichen Futtermitteln nicht möglich ist das Aminosäuremuster des Dünndarmproteins mit dem des Milchproteins in Übereinstimmung zu bringen (ideales Protein), werden z. T. pansengeschützte Aminosäuren eingesetzt.

Hier wird über Ergebnisse beim Einsatz von pansenstabilem Methionin in der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Köllitsch berichtet.

Material und Methoden

Während der ersten 120 Laktationstage wurde zwei Kuhgruppen eine maissilagebetonte TMR angeboten (Tab. 1). Der einen Kuhgruppe wurden zusätzlich täglich je Kuh 100 g Protax (= 12 g pansenstabilisiertes Methionin "Smartamine M") verabreicht.

Tabelle 1: Totale Misch Ration (TMR) während der ersten 120 Laktationstage (650 kg LM, 32 kg Milch, 4,3 % Fett, 3,5 % Eiweiß)

Trocken- masseange- bot (kg/Kuh u. Tag)	TMR - Zusammensetzung	TMR - Kennzahlen		
			Gehalt	Richtwert
7,3 kg	Maissilage (20 kg OS mit 36,4 % T)	NEL	141	145
2,2 kg	Grassilage (6 kg OS mit 36,2 % T)	nXP	3252	3260
2,0 kg	Luzernesilage (4 kg OS mit 50,9 % T)	RNB	64	
1,2 kg	Heu	kg st.XF	2,347	
0,5 kg	Weizenkleie	kg st.XF je 100 kg LM	0,36	0,4 - 0,5
3,5 kg	Gerste			
1,3 kg	Sojaschrot	Lysin	0,64 %	
1,3 kg	Rapsschrot	Methionin	0,26 %	
1,2 kg	Leikra 18/4	Cystin	0,25 %	
0,2 kg	Mineralfutter	Threonin	0,66 %	
+ 0,5 kg	Pellets (Leikra 18/4) über Transponderabrufstation			
21,0 kg gesamt				

¹ eMail: joachim.alert@fb08.lfl.smul.sachsen.de

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Tabelle 2: Durchschnittliche Milchleistungsdaten während der ersten 120 Laktationstage

	ohne Protax	mit Protax
Kuhzahl	17	13
Lebendmasse zu Versuchsbeginn	615 ± 7	621 ± 9
Lebendmasse zu Versuchsende	604 ± 5	608 ± 11
Menge kg/Tag	31,25 ± 1,08	33,05 ± 1,82
% Fett	4,30 ± 0,25	4,09 ± 0,24
% Eiweiß	3,48 ± 0,17	3,55 ± 0,17
Fett kg in 120 Tagen	161,25 ± 7,11	162,21 ± 4,79
Eiweiß kg in 120 Tagen.	130,50 ± 5,26	140,79 ± 4,10
Harnstoff mg/l	266 ± 31	259 ± 27
Lactose %	4,76 ± 0,05	4,76 ± 0,02
Zellzahl 1000/ml	164 ± 63	120 ± 22
Aceton mmol/l	0,00	0,00

Tabelle 3: Blutuntersuchungskennzahlen 90 Tage nach Versuchsbeginn (Fürl, 2002)

Bluparameter		ohne Protax	mit Protax (12 g Smartamin M)
Beta-Hydroxybuttersäure	mmol/l	0,56 ± 0,15	0,59 ± 0,28
Bilirubin	µmol/l	2,1 ± 1,47	1,01 ± 0,88
ASAT	U/l	67,3 ± 8,8	84,1 ± 12,8
GGT	U/l	23 ± 5,25	27,2 ± 5,0
GLDH	U/l	11,1 ± 5,06	55,6⁺ ± 62,8
Glucose	mmol/l	3,76 ± 0,56	3,11 ± 0,58
Cholesterol	mmol/l	3,78 ± 1,06	4,96⁺ ± 0,76
Harnstoff	mmol/l	6,92 ± 0,99	6,80 ± 1,02
Gesamteiweiß	g/l	82,0 ± 7,55	77,4 ± 5,98

P<0,05

Die Zugabe von pansengeschütztem Methionin (12 g Smartamine M/Kuh und Tag) während der ersten 120 Laktationstage führte zu folgenden Ergebnissen:

- Steigerung der Milchmenge um 1,8 kg/Kuh und Tag
- Steigerung des Milcheiweißgehaltes um 0,07 %
- Senkung des Milchfettgehaltes um 0,21 %
- Erhöhung der Cholesterol- und GLDH-Werte im Blut, als Hinweis auf gesteigerte Syntheseleistungen bzw. erhöhten Umsatz im Proteinstoffwechsel
- Mehrerlös von 0,36 Euro je Kuh und Tag unter Berücksichtigung von 0,18 Euro Einsatzkosten für 100 g Protax/Kuh und Tag.

Aufgrund der gewählten Versuchsanlage (zwei Kuhgruppen erhielten zeitgleich die gleiche TMR, die Versuchsgruppe zusätzlich täglich 12 g pansengeschütztes Methionin), können die Steigerung der Milchmenge und der Anstieg des Milcheiweißgehaltes auf die zusätzliche Gabe von pansengeschütztem Methionin zurückgeführt werden. Aus einem Praxisbericht (UCAAB/Frankreich, 1995) geht hervor, dass Protax keinen nennenswerten Einfluss auf den Milchfettgehalt hat. In den vorgestellten Untersuchungen wirkt Protax tendenziell fettgehaltssenkend. Eine derartige Reaktion fand auch Engelhard (2002) nach Einsatz des methioninhaltigen Produktes Mepron M 85. Aus einer umfangreichen Übersichtsarbeit von Rohr und Lebzi (1991) ist erkennbar, dass es bei Milchkühen schwierig ist, die erstlimitierende Aminosäure zu bestimmen. Sicher ist, dass bei maisreicher

Fütterung, wie im Versuch, Methionin und Lysin als erstlimitierend zu erwarten sind. Die vorgestellten Ergebnisse deuten darauf hin, dass mit der eingesetzten TMR der Methioninbedarf frischlaktierender Kühe nicht gedeckt werden konnte, so dass der zusätzliche Einsatz von pansengeschütztem Methionin die ausgewiesene Leistungssteigerung bewirkte. Über eine positive Wirkung von pansengeschütztem Methionin (Smartamine M und Mepron M85) bei hochlaktierenden Kühen berichten auch Fickler u. Heimbeck (1995), Schwab u.a. und Rulquim (1992).

Antagonistisch aktive Enterokokken auf Futtergras – Ihre Bedeutung für Silagebereitung und Pansenfermentation

Ott, Edda-Maria (Rostock); Müller, Thomas; Friedel, Klaus; Gabel, Martin

Enterokokken sind als natürlicher Bestandteil der epiphytischen Mikroflora mit Zellzahlen von 10^1 bis 10^4 KBE/g FM auf Futtergräsern nachweisbar. Für ca. 20 % der im Verlauf von zwei Versuchsjahren von Gräsern gewonnenen Isolate konnte die Bildung von Bakteriozinen nachgewiesen werden [1]. Da das Wirkungsspektrum ausgewählter Bakteriozine vor allem eine Vielzahl von Milchsäurebakterien sowie Clostridien und *Listeria monocytogenes* umfaßte, war eine Beeinflussung der an den Fermentationsprozessen in Silage (a) und Pansen (b) beteiligten Gram-positiven Bakterien durch mit dem Grünfutter in diese Habitate gelangende antagonistisch aktive Enterokokken zu vermuten. Zur Verifizierung dieser Hypothese wurden verschiedene *in-vitro*-Methoden herangezogen.

a) Ausgewählte, von Futtergräsern isolierte, bakteriozinbildende *Enterococcus*-Stämme (*E. faecium* P 8079, *E. mundtii* P 8382, *E. sp.* P 8041) kamen in einer Impfdichte von 1×10^7 KBE/g FM im Fermentationstest nach [2] zum Einsatz. Für den Test wurden 50 g gemustertes Pflanzenmaterial (*Lolium perenne*, *Agropyron repens*, *Trifolium pratense* oder *Medicago sativa*) in 200 ml Aqua dest. bzw. 12 %iger KCl-Lösung entweder bei 24°C für 62 h oder bei 35°C für 46 h inkubiert. Folgende vier Varianten wurden geprüft: Kontrolle, Zusatz eines kommerziellen Präparates (KP) (*Lb. plantarum*, 3×10^5 KBE/g FM), Zusatz eines Bakteriozinbildners (BB), kombinierter Einsatz von KP und BB. Im Ergebnis der Untersuchungen wurde festgestellt:

1. Keiner der Prüfstämme hemmte die Milchsäurebakterien des natürlichen epiphytischen Besatzes.
2. *E. faecium* P 8079 und *E. mundtii* P 8382 zeigten insbesondere unter ungünstigen Fermentationsbedingungen einen positiven Effekt auf Schnelligkeit und Umfang der Ansäuerung (zurückzuführen auf die hohe Impfdichte).
3. *E. sp.* P 8041 hemmte unter ungünstigen Fermentationsbedingungen bei kombiniertem Einsatz die Ansäuerung durch das Vergleichspräparat.
4. Zusatz von Enterokokken führte vor allem bei schlecht vergärbarem Pflanzenmaterial und Inkubation bei hoher Osmolalität zu einem geringfügig erhöhten Milchsäuregehalt sowie einem reduzierten Essigsäure- und Ethanolgehalt in der flüssigen Phase des Testsystems. Die übrigen Fermentationsprodukte blieben größtenteils unbeeinflusst.

Diese Effekte konnten durch die Bereitung von Modellsilagen nicht bestätigt werden.

b) Mittels Ammoniumsulfatfällung im zellfreien Überstand, Dialyse und Gefriertrocknung gewonnene Bakteriozinrohextrakte (BRE) ausgewählter Produzenten (*E. faecium* P 8079, *E. mundtii* P 8382, *E. sp.* P 7644) wurden in einem modifizierten Hohenheimer Futterwerttest geprüft. Dazu wurden die BRE und 250 mg Heu in HFT-Kolbenprober eingewogen und weiter entsprechend der Methodenvorschrift nach [3] behandelt. Nach 6 h Inkubation bei 39°C und permanenter Durchmischung wurde die Gesamtgasbildung (GB) abgelesen. Die Bestimmung des Methangehaltes in der gasförmigen und der flüchtigen Fettsäuren (VFA) in der flüssigen Phase des Testsystems erfolgte gaschromatographisch. Ein Einfluß auf die Pansenfermentation *in-vitro* konnte für die BRE von *E. faecium* P 8079 and *E. sp.* P 7644 tendenziell aufgezeigt jedoch nicht statistisch abgesichert werden:

1. Bei unveränderter GB, ging die Methanproduktion um 3,2 bzw. 4,6 % zurück. VFA-Muster und Wasserstoffwiederfindungsrate legen nahe, daß der nicht für die Methanbildung verbrauchte Wasserstoff in der Propionsäure gebunden wurde (*E. faecium* P 8079) bzw. in den Probengefäßen akkumulierte (*E. sp.* P 7644).
2. Eine geringfügige Reduzierung der Menge an Isobuttersäure, Isovaleriansäure und Valeriansäure je mol VFA ist als Hinweis auf eine Hemmung des Proteinabbaus im Pansen zu werten.

Die ermittelten geringen Besatzdichten von Enterokokken auf dem Pflanzenmaterial, das Vorkommen resistenter Stämme innerhalb der Zielorganismenarten sowie das Auftreten nur geringer oder nicht praxisrelevanter Effekte in *in-vitro*-Untersuchungen lassen die Schlußfolgerung zu, daß eine maßgebliche Beeinflussung der Fermentationsprozesse im Siliergut bzw. im Pansen durch pflanzenassoziierte, bakteriozinbildende Enterokokken nicht zu erwarten ist.

[1] OTT E.-M. *et al.* (2001) *Journal of Applied Microbiology* **91**, 54-66. [2] ZIERENBERG B. *et al.* (1999) *Proceedings of the 12th International Silage Conference*, July 5-7, 1999, Uppsala/ Sweden, 245-246. [3] STEINGASS H. und MENKE K.H. (1986) *Übersichten Tierernährung* **14**, 251-270.

Zur Wirkung des Probiotikums Biosaf (*Saccharomyces cerevisiae*) auf die Leistung von Aufzuchtälbern

Löhnert, Hans-Jürgen (Remderoda)¹; Ochrimenko, Wassili; Dunkel, Silke; Bargholz, Jürgen

Zielstellung

Der Erfolg der Älberaufzucht hat großen Einfluss auf die Rentabilität der Milch- und Rindfleischproduktion.

Probiotika werden seit rund 25 Jahren in Deutschland zur Verbesserung der Mikroflora im Verdauungstrakt von landwirtschaftlichen Nutztieren eingesetzt. Neben den Milchsäurebakterien und *Bacillus*-Sporen gelangen auch Hefezellen in der Älberaufzucht zum Einsatz.

In zwei Einzelfütterungsversuchen mit je 40 Älbern sollte die Wirkung von lebenden Hefezellen (*Saccharomyces cerevisiae*; 8×10^9 KBE/g) gegenüber Älbern ohne Zulage auf Futteraufnahme, Lebendmasseentwicklung, Tiergesundheit und ausgewählte Blutparameter geprüft werden.

Lösungsweg

Es wurden je Versuch 40 männliche Älber der Rasse „Schwarzbuntes Rind“ eingestallt. Die Tiere hatten zu Versuchsbeginn ein mittleres Alter von 18 - 28 Tagen. In 28-tägigen Abständen wurden Kontrollwägungen durchgeführt. Die Versuchsdauer erstreckte sich im Versuch 1 über 84 Tage und im Versuch 2 über 112 Tage. Neben dem Milchaustauscher (maximale Menge 110 g/l und 7 l Tränkmenge) gelangte Älberaufzuchtfutter ad libitum, Trockengrünhäcksel und Stroh bis maximal 0,7 kg pro Tier und Tag zum Einsatz. Entsprechend des Alters und des Trockenfutterverzehrs reduzierte sich die Milchaustauschermenge.

Vor jeder Mahlzeit erfolgte die Registrierung der Durchfälle und anderer Krankheitssymptome. Je nach Durchfallstärke wurde die Tränkmenge reduziert. In schweren Fällen erfolgte eine Behandlung durch den Tierarzt.

Entsprechend des vorgegebenen Versuchsplanes wurde ausgewählten Tieren (5 je Gruppe) zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende Blut aus der *Vena jugularis* entnommen. Mit Hilfe eines Blutzellzählgerätes erfolgte die Bestimmung verschiedener Blutparameter: Erythrozyten, Hämatokrit, mittleres Erythrozytenvolumen, mittlerer Hämoglobingehalt pro Erythrozyt, mittlere Hämoglobinkonzentration in den Erythrozyten, Leukozyten, Thrombozyten und Hämoglobin.

Ergebnisse

Der Zusatz von Hefezellen hatte in beiden Versuchen keinen Einfluss auf die Futteraufnahme in den einzelnen Versuchsabschnitten bzw. der gesamten Versuchsperiode (Tab. 1 und 2). Im Mittel des gesamten Versuchsabschnittes lag die tägliche Aufnahme an umsetzbarer Energie bei 23,53 MJ/Tier und Tag. Der mittlere Rohproteinverzehr kann mit 371 g/Tier und Tag angegeben werden.

¹ eMail: tierernaehrung@jena.tll.de

Tabelle 1: Mittlere tägliche Aufnahme an Trockensubstanz, Rohprotein, Energie und mittlere Lebendmassezunahme sowie Aufwandsdaten der Kälber (1. - 28. Versuchstag; alle Parameter: $p > 0,05$; Versuch 1)

Gruppe Präparat Dosierung	1 ohne -	2 Biosaf 1,6 g/Tier u. Tag
<u>Aufnahme (je Tier und Tag)</u>		
Trockensubstanz (kg)	1,177 ∇ 0,215	1,195 ∇ 0,244
Rohprotein (g)	241 ∇ 46	244 ∇ 52
Umsetzbare Energie (MJ ME)	16,64 ∇ 2,58	16,83 ∇ 2,91
<u>Lebendmassezunahme (g/Tier/Tag)</u>	707 ∇ 196	734 ∇ 196
<u>Aufwand (je kg LMZ)</u>		
Trockensubstanz (kg)	1,665 ∇ 0,412	1,628 ∇ 0,226
Rohprotein (g)	341 ∇ 85	332 ∇ 46
Umsetzbare Energie (MJ ME)	23,54 ∇ 3,10	22,93 ∇ 3,50
<u>Durchfalltage/Tier</u>	0,62	0,39

Unter den von uns geprüften Bedingungen übte Biosaf (1,6 g/Tier/Tag) in beiden Aufzuchtversuchen keinen Einfluss auf die Lebendmassezunahme der Kälber gegenüber den unbehandelten Tieren aus (Tab. 1 und 2; $p > 0,05$).

Tabelle 2: Mittlere tägliche Aufnahme an Trockensubstanz, Rohprotein und Energie sowie Lebendmassezunahme der Kälber (Versuch 1: 84 Versuchstage und Versuch 2: 112 Versuchstage; alle Parameter: $p > 0,05$)

Gruppe Präparat Dosierung	1 ohne -	2 Biosaf 1,6 g/Tier u. Tag
<u>Versuch 1</u>		
Trockensubstanz (kg)	1,87 $\pm$ 0,17	1,87 $\pm$ 0,21
Rohprotein (g)	374 $\pm$ 35	373 $\pm$ 43
Umsetzbare Energie (MJ ME)	23,78 $\pm$ 2,01	23,76 $\pm$ 2,44
Lebendmassezunahme (g/Tier/Tag)	878 $\pm$ 108	860 $\pm$ 107
Durchfalltage/Tier	2,81	1,89
<u>Versuch 2</u>		
Trockensubstanz (kg)	1,75 $\pm$ 0,19	1,81 $\pm$ 0,16
Rohprotein (g)	362 $\pm$ 41	375 $\pm$ 34
Umsetzbare Energie (MJ ME)	22,93 $\pm$ 2,32	23,68 $\pm$ 1,94
Lebendmassezunahme (g/Tier/Tag)	798 $\pm$ 91	786 $\pm$ 100
Durchfalltage/Tier	2,1	2,1

Bei der Lebendmassezunahme ergaben sich nur für den Zeitraum vom 1. - 28. Versuchstag eine Mehrzunahme von ≈ 30 g/Tier/Tag (Tab. 1; $p > 0,05$). Dieser geringfügige positive Effekt wurde in den folgenden Versuchabschnitten kompensiert (Tab. 2 und Abb. 1).

Über die gesamte Versuchsperiode konnte eine mittlere Lebendmassezunahme von 869 g im Versuch 1 bzw. 792 g/Tier/Tag im Versuch 2 erzielt werden.

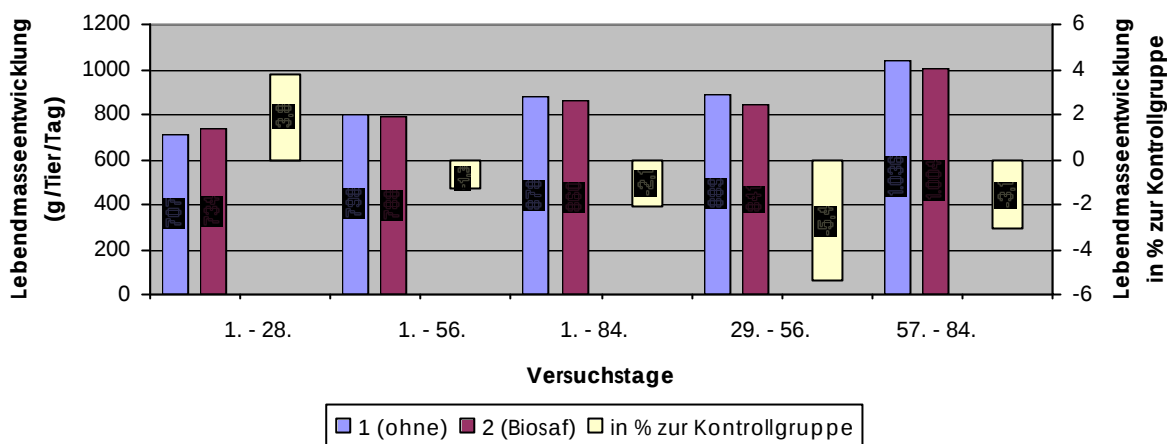


Abbildung 1: Lebendmasseentwicklung in den einzelnen Versuchsabschnitten (g/Tier/Tag; Versuch 1)

Der Energieaufwand kann im Mittel mit 28,39 MJ ME/ kg Lebendmassezunahme angegeben werden (1. - 84. Versuchstag bzw. 1. - 112. Versuchstag). Die Durchfallhäufigkeit der Kälber wurde im Versuch 1 durch die Hefezellen um $\approx 30\%$ gesenkt ($p > 0,05$); im Versuch 2 traten keine Unterschiede auf.

Tabelle 3: Einfluss von Biosaf auf die geprüften Blutbildparameter (Versuch 1; alle Parameter: $p > 0,05$)

Gruppe Präparat	1 ohne	2 Biosaf
Erythrozyten ($\times 10^6/\text{mm}^3$)	$8,8 \pm 0,4$	$8,3 \pm 0,4$
Hämatokrit (%)	$40,6 \pm 0,9$	$37,3 \pm 1,8$
Hämoglobin (g/dl)	$8,6 \pm 0,5$	$8,0 \pm 1,4$
mittlere Hb-Konzentration in den Erythrozyten (%)	$20,9 \pm 0,7$	$21,5 \pm 3,3$
Leukozyten ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	$8,2 \pm 0,1$	$8,6 \pm 2,2$
Thrombozyten ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	$240,0 \pm 33,0$	$288,1 \pm 41,2$

Biosaf beeinflusste die untersuchten Blutbildkriterien nur nichtsignifikant.

Fazit

In zwei Einzelfütterungsversuchen mit je 40 Kälbern wurde der Einfluss von lebenden Hefezellen (Biosaf) vergleichend gegenüber Kälbern ohne Biosafzusatz auf Futteraufnahme, Lebendmasseentwicklung, Tiergesundheit und ausgewählte Blutparameter geprüft.

Unter den von uns geprüften Bedingungen übte Biosaf (1,6 g/Tier/Tag) in beiden Versuchen keinen Effekt auf die Futteraufnahme und Lebendmasseentwicklung der Kälber aus. Die Durchfallhäufigkeit der Kälber wurde durch die Hefezellen um $\approx 30\%$ ($p > 0,05$) im Versuch 1 gesenkt; im Versuch 2 war keine Beeinflussung feststellbar.

Alle geprüften Blutbildparameter befinden sich in dem für Kälber dieser Altersgruppe angegebenen Normbereich.

Einfluss unterschiedlicher Fütterungsintensität bei trockenstehenden Kühen auf Futteraufnahme, Leistungs- und Stoffwechselfparameter zu Laktationsbeginn

Steingass, Herbert (Stuttgart-Hohenheim); van Ackeren, Caroline; Drochner, Winfried

In der vorliegenden Arbeit wurde geprüft, wie sich eine gezielte Vorbereitungsfütterung bei Milchkühen in den letzten zwei bis drei Trächtigkeitswochen auf Futteraufnahme und Leistung sowie auf ausgewählte Stoffwechselfparameter in den ersten sechs Wochen der folgenden Laktation auswirkt. 24 Milchkühe der Rasse Deutsche Holsteins wurden in zwei Gruppen (n = 12) aufgeteilt. Eine Gruppe erhielt eine durch Kraftfutter (KF) aufgewertete Mischration (TMR) ab dem 17. Tag a.p., die andere Gruppe wurde mit einer TMR bestehend aus denselben Grundfutterkomponenten ohne KF versorgt. Der KF-Anteil der Versuchsgruppe betrug 25 % der T, was im Mittel a.p. 2,7 kg T aus KF entsprach. Nach dem Abkalben erhielten beide Gruppen die mit KF aufgewertete TMR sowie zusätzlich KF am Automaten ab 20 kg Tagesmilchleistung. Neben der täglichen Erfassung von Futteraufnahme, Milchmenge und Lebendmasse wurde wöchentlich die Milchezusammensetzung bestimmt sowie an fünf Terminen Blutproben entnommen und auf Glucose, freie Fettsäuren, Harnstoff und Cholesterin untersucht.

Einige Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle als Mittelwerte über den jeweiligen Versuchszeitraum dargestellt. Da sich die Körperkondition zum Zeitpunkt des Abkalbens stark auf die erfassten Parameter auswirkte, wurden die Jungkühe, die sie sich in einer sehr unterschiedlichen Kondition befanden, nachfolgend nicht berücksichtigt. Bei keinem der dargestellten Parameter ergaben sich signifikante Unterschiede.

	MIT Anfütterung (n=8)	OHNE Anfütterung (n=10)
<u>14.-0. Tag a.p.</u>		
T-Aufnahme (kg)	12,6 ± 0,8	11,7 ± 1,0
<u>1.-42. Tag p.p.</u>		
T-Aufnahme (kg)	18,2 ± 1,7	17,7 ± 1,9
Milchleistung (kg)	35,2 ± 3,5	33,2 ± 3,2
Milchfett (%)	3,8 ± 0,4	4,2 ± 0,4
Milcheiweiss (%)	2,9 ± 0,2	2,9 ± 0,2
LM-Änderung in 42 Tagen (kg)	-9 ± 17	-21 ± 25
FFA (mmol/l)	358 ± 104	483 ± 105

Bei den Kühen mit mehreren Abkalbungen war bereits a.p. eine Tendenz zu höherer T-Aufnahme festzustellen, was einer Mehraufnahme von 13,8 MJ NEL/Tag entsprach. Auch nach dem Abkalben blieb in dieser Gruppe die Futteraufnahme tendenziell höher. Dies bewirkte eine Erhöhung der Milchleistung um 2 kg pro Kuh und Tag bei zugleich geringeren Milchfettgehalten. Auch die Lebendmasseabnahme in den ersten 42 Laktationstagen war bei den angefütterten Kühen geringer. Eine bessere energetische Versorgung zeigte sich auch im Verlauf der FFA im Blutplasma. Der Höchstwert war bei den Tieren mit Anfütterung 23 % niedriger als bei der Kontrolle und ging im Versuchsverlauf rascher zurück. Durch einen günstigeren Fett/Eiweißquotienten der Milch wird die bessere energetische Versorgung der angefütterten Tiere zusätzlich belegt. Wenn auch keiner der beobachteten Unterschiede statistisch gesichert werden konnte, so spricht doch die Gleichartigkeit und Übereinstimmung der beobachteten Leistungs- und Stoffwechselfparameter stark für einen positiven Effekt der Vorbereitungsfütterung. Insbesondere für Hochleistungsherden ist diese Maßnahme daher anzuraten.

Gestaffelte Konzentratfüttergabe bei trockenstehenden Milchkühen

**Dunkel, Silke (Remderoda)¹; Löhnert, Hans-Jürgen; Ochrimenko, Wassili;
Lüdke, Helmut**

Problemstellung

Der unmittelbare prae- und postpartale Zeitraum stellt die Periode mit dem höchsten gesundheitlichen Risiko für Milchkühe dar. Dies gilt sowohl für infektiöse als auch für metabolische Probleme. Diese peripartalen Krankheiten, und dabei in erster Linie die metabolischen, sind stark vom Fütterungsmanagement in der Trockenstehzeit abhängig. Auch gilt unabhängig vom Auftreten dieser peripartalen Probleme, dass die Energie-Aufnahme und die Fütterung in dieser Zeit den Grundstock für die nachfolgende Laktationsleistung legt. Daher ist es notwendig, dem Fütterungsmanagement der Trockensteher besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Als zentrale Maßnahme zur Prophylaxe von Leistungsdepressionen, Fruchtbarkeits- und Gesundheitsstörungen ist die Optimierung der Futteraufnahme in der Transitperiode anzusehen, um die bedarfsgerechte Nährstoffversorgung als auch die Anpassung der Vormägen an die Rationsänderung zu gewährleisten. Eine Über- als auch Unterversorgung mit Energie und Rohprotein in der Trockenstehzeit wirken sich nachhaltig auf die Futteraufnahme und darüber hinaus auf die Milchleistung, Fruchtbarkeit und Gesundheit der Kühe nach dem Kalben aus.

Durch die Steigerung der Milchleistung in den vergangenen Jahren werden verschiedene Auffassungen über die Höhe der Energie- und Nährstoffversorgung in der Vorbereitungsfütterung vertreten. Deshalb bestand das Ziel der vorliegenden Arbeit in der vergleichenden Prüfung der Wirkung gestaffelter Konzentratfüttergaben während der Vorbereitungsfütterung (4 Wochen post partum) bei trockenstehenden Milchkühen auf die Milchleistung, Fruchtbarkeits- und Gesundheitsparameter der nachfolgenden Laktation.

Material und Methoden

Die Durchführung des Praxisexperimentes erfolgte während des Produktionsprozesses in einer Landwirtschaftsgenossenschaft. Die Auswahl der Kühe für das Praxisexperiment wurde so gestaltet, dass jede Milchkuh im Trockenstehbereich, welche sich 4 Wochen vor dem Abkalbetermin befand, abwechselnd in die Kontroll- bzw. Versuchsgruppe eingegliedert worden ist. Da während des Experimentes zwischenzeitlich mehr Kühe abkalbten als in der Kontrollgruppe Tierplätze vorhanden waren, mussten diese Tiere in die Versuchsgruppe aufgestellt werden. Daraus ergab sich die unterschiedliche Tierzahl in der Kontrollgruppe mit n = 48 und in der Versuchsgruppe mit n = 57 Milchkühen.

Alle Tiere der Kontroll- und Versuchsgruppe erhielten die Futterration als Total-Misch-Ration (TMR). Diese entsprach in ihrer Zusammensetzung der nachfolgenden Frischmelkerration (Rationsbestandteile: Anwelk-, Mais-, Lieschkolbensilage, Getreide, Malzkeime, Rapskuchen, Raps- und Sojaextraktionsschrot sowie Melasse). Die Staffelung der Konzentratfüttergaben innerhalb der TMR begann in den beiden Gruppen 4 Wochen vor dem voraussichtlichen Abkalbetermin und endete mit der Kalbung.

Die einzelnen Fütterungsabschnitte in den beiden Gruppen sowie die eingesetzte Konzentratfüttermenge/Tier und Tag während der 4-wöchigen Vorbereitungsfütterung sind in Tabelle 1 dargestellt.

¹ eMail: tierernaehrung@jena.tll.de

Die Erfassung der Milchleistungskennzahlen erfolgte über die monatliche Milchleistungsprüfung. Die Stoffwechseluntersuchungen wurden im Zeitraum 1 Woche a. p., 1 Woche p. p. und 2 - 8 Wochen p. p. durchgeführt. Die Erfassung der Fruchtbarkeits- und Gesundheitsparameter fand täglich statt.

Tabelle 1: Konzentratfuttermengen/Tier und Tag während der 4-wöchigen Vorbereitungsfütterung in der Kontroll- und Versuchsgruppe

Fütterungsabschnitt	Kontrollgruppe kg/Tier und Tag	Versuchsgruppe kg/Tier und Tag
4. - 2. Woche a. p.	3,4	3,4
2. - 1. Woche a. p.	5,5	5,9
1. - 0. Woche a. p.	5,5	7,4

Ergebnisse

Milchleistung

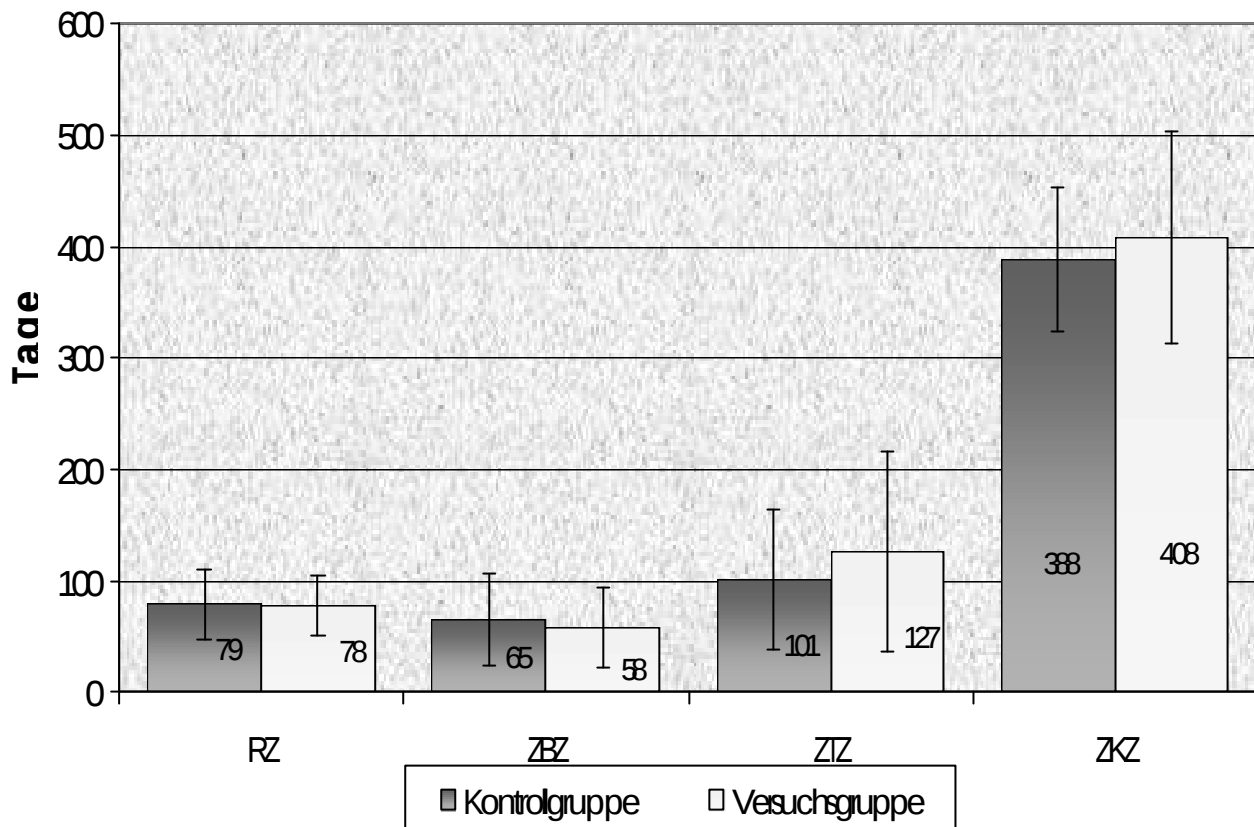
Die mittlere Laktationszahl in der Kontroll- als auch in der Versuchsgruppe lag bei 1,7. Die mittlere Milchleistung/Kuh und Tag in der Versuchsgruppe unterschied sich von der Kontrollgruppe unwesentlich. Unter den Bedingungen des Praxisexperimentes war festzustellen, dass die Staffelung der Konzentratfuttermenge in den einzelnen Fütterungsabschnitten a. p. der Transitperiode keinen Einfluss auf die nachfolgende Laktationsleistung ergab (alle Parameter $p > 0,05$).

- Tabelle 2: Mittlere Milchleistungsparameter der Kontroll- und Versuchsgruppe (durchschnittliche Laktationsdauer: Kontrollgruppe: 300 Tage; Versuchsgruppe: 311 Tage; alle Parameter $p > 0,05$)

	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe
kg Milch/Kuh und Tag	24,40 ± 10,28	24,50 ± 9,31
% Fett/kg Milch	4,37 ± 0,64	4,42 ± 0,51
% Eiweiß/kg Milch	3,61 ± 0,23	3,66 ± 0,21

Fruchtbarkeitsparameter

Abbildung 1 dokumentiert die erfassten Fruchtbarkeitsparameter Rastzeit, Zwischenbesamungszeit, Zwischentragezeit sowie die Zwischenkalbezeit. In der Kontroll- als auch in der Versuchsgruppe sind auffällig lange Brunstzyklen festzustellen (KG = 65 Tage; VG = 58 Tage). Unregelmäßige Zyklen bedeuten, dass die Milchkuh die Umstellung vom Trockenstehen zur Hochlaktation noch nicht überwunden hat und die hormonelle Umstellung noch nicht funktioniert. Ursachen können neben der Stillbrünstigkeit auch Ovarialzysten oder Endometritis sein (Abb. 2).



(RZ - Rastzeit, ZBZ - Zwischenbesamungszeit, ZTZ - Zwischentragezeit, ZKZ - Zwischenkalbezeit)

Abbildung 1: Mittlere Ergebnisse der Fruchtbarkeitsparameter der Kontroll- und Versuchsgruppe in Tagen

Gesundheits- und Stoffwechselfparameter

Die Anzahl der Erkrankungen/Tier in der nachfolgenden Laktation lag in der Kontrollgruppe bei 1,0 und in der Versuchsgruppe bei 0,9 (Abb. 2). Für das Auftreten von Gelbkörperzysten in der Versuchsgruppe könnte als eine Ursache die erhöhte Energiekonzentration während der Trockenstehzeit in Betracht gezogen werden.

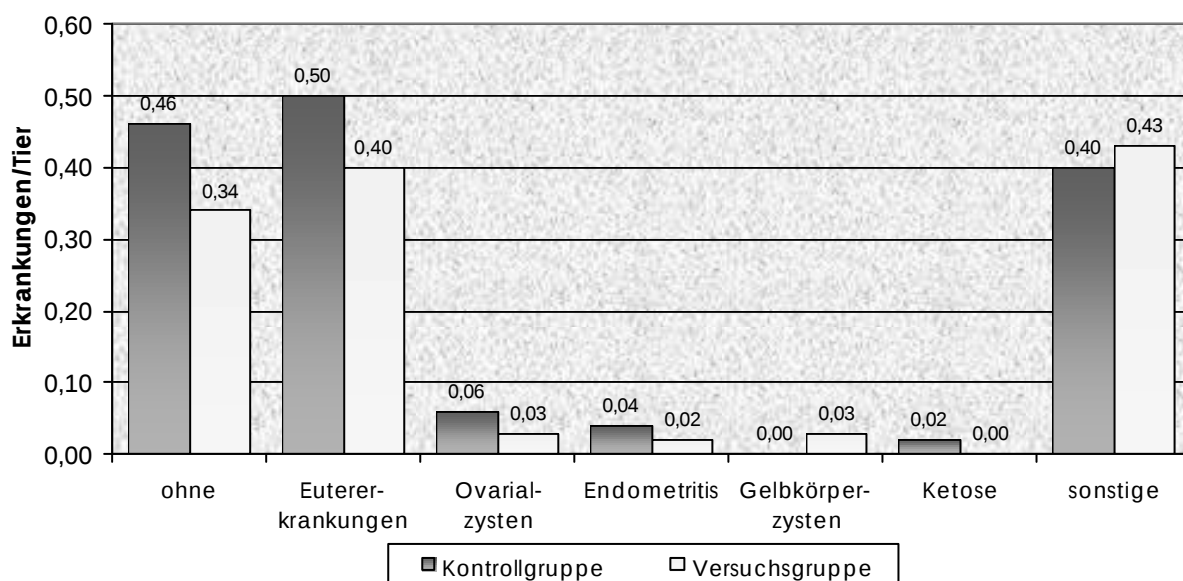


Abbildung 2: Ausgewählte Erkrankungen/Tier und Laktation

Die Ergebnisse der Stoffwechseluntersuchung der Kontroll- und Versuchsgruppe sind Tabelle 3 zu entnehmen. Die Aktivitätssteigerung der AST- und GLDH-Werte in den Gruppen stellt einen Hinweis auf die Höhe der Belastung des Leberstoffwechsels dar.

Tabelle 3: Ergebnisse der Stoffwechseluntersuchung in der Kontroll- und Versuchsgruppe (n = 4)

Stoffwechselparameter	1 Woche a. p.		1 Woche p. p.		2. – 8. Woche p. p.	
	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe
Eiweiß, g/l Serum	65,1	66,9	76,9	74,8	78,7	76,8
Harnstoff, mmol/l Serum	5,3	4,82	5,8	5,7	4,9	3,9
Cholesterin, mmol/l Serum	2,6	2,4	4,1	3,0	5,1	4,2
Bilirubin, nkat/l Serum	1,4	1,3	1,7	1,4	2,0	2,4
b-Hydroxybuttersäure, µmol/l Serum	657,0	494,0	931,0	830	452,5	519,8
AST, nkat/l Serum	985,3	1.158,5	1.184,0	1.368,5	1.426,0	1.542,0
GLDH, µmol/l Serum	87,5	106,0	214,5	176,8	326,0	419,8
NSBA, mmol/l Harn	145,0	142,3	147,5	148,5	89,3	65,5
pH - Harn	7,9	7,8	7,9	8,0	7,9	7,8

Fazit

Auf die nachfolgende Laktationsleistung hatte die Staffelfung der Konzentratfuttermenge 4 Wochen a. p. während der Vorbereitungsfütterung keinen Einfluss ($p > 0,05$). Die Fruchtbarkeitsparameter lassen keinen gerichteten Einfluss auf die Verbesserung der Fruchtbarkeitslage erkennen. In der Versuchs- und Kontrollgruppe war die Anzahl der Erkrankungen/Kuh und Laktation annähernd gleich (Kontrollgruppe 1,0 und Versuchsgruppe 0,9 Erkrankungen/Tier und Laktation). Einen Hinweis auf die Höhe der Belastung des Leberstoffwechsels gibt die Aktivitätssteigerung der Leberenzyme AST und GLDH in der Kontroll- und Versuchsgruppe, in der Tendenz war diese in der Versuchsgruppe höher.

Wirkung einer Supplementierung mit Propylenglycol bei Milchkühen in der Transitphase auf Futteraufnahme und Leistungsparameter

Steingass, Herbert (Stuttgart); Wohlfrom, Ulrike; Drochner, Winfried

Propylenglycol (1-2 Propandiol; PG) wird häufig bei Milchkühen zur Ketoseprophylaxe eingesetzt. In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss einer PG-Supplementierung in der „Transitphase“, d.h. im Zeitraum vom 17. Tag a.p. bis zum 42. Tag p.p. auf Futteraufnahme, Leistungs- und Stoffwechselfparameter untersucht. 24 Kühe der Rasse Deutsche Holsteins wurden zufällig in zwei Gruppen zu je 12 Tieren eingeteilt, wobei jeder Gruppe 4 Kühe in der ersten Laktation angehörten. Beide Gruppen erhielten eine einheitliche Mischration (TMR) auf der Basis Grassilage, Maissilage, Heu und Kraftfutter. Nach dem Abkalben erhielten beide Gruppen zusätzlich Kraftfutter am Automaten ab 20 kg Tagesmilchleistung. Die Versuchsgruppe erhielt zusätzlich PG über eine Flüssigdosieranlage am Kraftfutterautomaten zusammen mit den Kraftfutterportionen. Die verabreichte Menge pro Tier und Tag betrug 200g a.p. und 400g p.p. Neben der täglichen Erfassung von Futteraufnahme, Milchmenge und Lebendmasse wurde wöchentlich die Milchezusammensetzung bestimmt sowie an 5 Terminen Blutproben entnommen und auf Glucose, freie Fettsäuren (FFA), Harnstoff und Cholesterin untersucht.

In der nachfolgenden Tabelle sind für die Kühe mit mehreren Abkalbungen (je n=8) einige Ergebnisse als Mittelwerte über die ersten 6 Laktationswochen zusammengefasst. Die Jungkühe sind hier nicht dargestellt, da deren Zahl begrenzt war (n=4) und dort die Wirkung der Supplementierung sehr stark von einem unterschiedlichen Verfettungsgrad überlagert wurde. Bei keinem der untersuchten Parametern waren signifikante Unterschiede gegeben.

1. – 42. Tag p.p.	MIT PG	OHNE PG
T-Aufnahme (g/kg LM ^{0,75})	147 ± 24	139 ± 24
Milchleistung (kg)	35,5 ± 5,7	33,5 ± 4,5
Milchfett (%)	3,7 ± 0,5	4,1 ± 0,5
Milcheiweiss (%)	3,0 ± 0,2	3,2 ± 0,2
FECM (kg)	33,5 ± 3,3	33,2 ± 1,9
Energieversorgung (MJ NEL/Tag)	-19 ± 16	-25 ± 16

In keiner der beiden Gruppen trat während des Versuchs eine klinische Ketose auf. Die Versuchsgruppe mit PG nahm p.p. tendenziell mehr Futter auf. Die Mehraufnahme entsprach der Menge an supplementiertem PG, es ergab sich also keine Verdrängung der TMR durch PG. Die höhere Energiezufuhr äusserte sich in einer Erhöhung der Milchleistung um 2 kg pro Kuh und Tag. Gleichzeitig ging der Milchfett- und Eiweißgehalt in dieser Gruppe zurück, was zu identischen FECM-Leistungen führte. Offenbar wurde die glucoplastische Substanz PG in erheblichem Umfang zur Lactosesynthese herangezogen, erkennbar an einer Steigerung der Lactoseproduktion um 80 g je Tier und Tag.

Gleichzeitig war auch der berechnete Energieversorgungsstatus (Differenz zwischen Energieaufnahme und Bedarf) bei der mit PG supplementierten Gruppe tendenziell günstiger. Die PG-Zulage beeinflusste dagegen die mittleren Konzentrationen der im Blutplasma gemessenen Kennzahlen kaum. Eine Betrachtung einzelner Tiere legt allerdings den Schluss nahe, dass die Wirkung des PG umso grösser ist, je höher die

Belastung der Kuh durch eine hohe Milchleistung oder eine geringe Futteraufnahme war. Der Einsatz von PG in der Transitphase kann bei Hochleistungskühen zur Minderung der Stoffwechselbelastung und des Ketoserisikos angezeigt sein. Bei gesunden Kühen ist dabei mit einer Milchleistungssteigerung zu rechnen.

Vergleich des Einsatzes von Sojaextraktionsschrot und Erbsen bei Mastbullen

Meyer, Ulrich (Braunschweig); Gädeken, Dieter; Lebzien, Peter; Flachowsky, Gerhard

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Auswirkungen eines Austausches von Sojaextraktionsschrot durch Erbsen auf die Futteraufnahme und die Mastleistung von Mastbullen ermittelt. Die Versorgung der Tiere mit Energie und Protein erfolgte entsprechend den Bedarfsnormen der GfE (1) für die in den Tabellen angegebenen maximalen Zunahmen in den einzelnen Lebendmassebereichen bei schwarzbunten Bullen.

Für die Untersuchung standen 30 männliche schwarzbunte Tiere der Rasse Deutsche Holstein zur Verfügung, die gleichmäßig in die Gruppen „Soja“ und „Erbsen“ aufgeteilt wurden. Die Tiere wiesen zu Versuchsbeginn eine mittlere Lebendmasse von 193 kg auf und wurden mit ca. 550 kg geschlachtet.

Die Haltung der Tiere erfolgte gruppenweise in einem Rindermaststall auf Vollspaltenboden. Die Futtermischung setzte sich aus Maissilage, einer Kraftfuttermischung aus Weizen, Trockenschnitzeln und Sojaöl sowie dem jeweiligen Proteinträger zusammen. Außerdem erhielten die Tiere ein vitaminisiertes Mineralfutter zugemischt. Während die Maissilage zur freien Aufnahme vorgelegt wurde, stiegen die Kraftfuttermengen im Laufe des Versuches von 2,1 auf 3,2 kg/Tier und Tag. Die Aufnahme von Maissilage und Kraftfutter sowie die Lebendmassezunahme wurden täglich ermittelt. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Mittlere tägliche Futteraufnahme und Mastleistung der Bullen

		„Soja“	„Erbsen“
Kraftfutter	kg T/Tag	2,57	2,50
Maissilage	kg T/Tag	5,2	5,5
Lebendmassezunahme	g /Tag	1299	1264

Zwischen beiden Gruppen gab es nur geringe Unterschiede in der Kraftfutter- und Grundfutteraufnahme. Auch die Lebendmassezunahme unterschied sich mit 1299 g/Tag bei Sojaextraktionsschroteinsatz gegenüber 1264 g/Tag bei Verwendung von Erbsen nur unwesentlich. Unter diesem Aspekt spricht somit nichts gegen eine alternative Verwendung des importierten Sojaschrots oder des einheimischen Proteinträgers Erbsen.

(1) GfE (1995): Empfehlungen zum Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 6, Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder. DLG-Verlag, Frankfurt (Main), 85 S.

Zum Selenbedarf von Mastschweinen

Othmar P. Walz und Josef Pallauf¹

Fragestellung

Für den Wachstumsbereich von Aufzuchtsferkeln zwischen 8 bis 35 kg Lebendmasse (LM) konnten wir anhand von Blutstatus und mehreren Se-abhängigen Enzymen eine ausreichende Se-Versorgung bei einem Se-Gehalt im Futter von 0,20 mg/kg feststellen (Walz *et al.* 2002). Zur Erweiterung dieser Ergebnisse sollte im vorliegenden Experiment die geeignete Se-Versorgung von Schweinen in einem vollen Mastzeitraum unter praxisnahen Bedingungen geprüft werden. Da in neuerer Literatur auch von Einflüssen der Versorgung mit unterschiedlichen Se-Präparaten auf Parameter der Fleischbeschaffenheit (Mahan *et al.* 1999) und über unterschiedliche Effekte von Se auf die Aktivität von Glutathionperoxidasen (GPx) in verschiedenen Körpergeweben von Schweinen (Lei *et al.* 1998) berichtet wird, wurden weiterhin schwerpunktmäßig Merkmale der Schlachtkörperbeschaffenheit, der Fleischqualität und der Enzymaktivität in Blut und Organen untersucht.

Tiere und Methoden

In einem Mastversuch wurden 4 x 6 (3 m + 3 w) (DE x DL)x Pi Jungschweine mit einer mittleren LM von 25 kg in Einzelbuchten eingesetzt und bis zu einer mittleren Endmasse von etwa 110 kg unter vollklimatisierten Bedingungen und regelmäßiger Gewichtskontrolle ausgemästet. Die Futtermischungen (**Tab. 1**) mit einem mittleren Proteingehalt von 17,5% in der TM, einer umsetzbaren Energie von 13,5 MJ, einer Ergänzung von 10 I.E. Vit. E und

Tabelle 1: Zusammensetzung (% Anteile) und analysierte Nährstoffgehalte (% in TM) der Futtermischungen für Mastschweine (24 bis 110 kg LM).

(Sollgehalt an Se mg/kg)		I (0,08)	II (0,14)	III (0,20)	IV (0,14 SM)
Zusammensetzung (%)		Weizen / Westerwald 67,5; Weizen / Demeter 6,0; Maisflocken 6,0; Torula-Hefe-Atisholz 12,5; Sojaöl 2,0; Kokosfett 2,0; Mineralstoff- und Vitaminvormischung 4,0			
Selenergänzung (mg/kg)		0,08 ¹	0,14 ¹	0,20 ¹	0,14 ²
Rohprotein (%)		17,7	17,9	17,5	17,4
Rohfaser (%)		3,65	4,23	4,13	4,03
Rohstärke (%)		53,3	54,3	55,4	54,1
Rohfett (%)		6,32	7,37	6,88	7,17
Rohasche (%)		4,01	4,03	4,04	4,00
Bruttoenergie (MJ/kg)		19,8	19,7	19,5	19,5
Selen, analysiert ³ (mg/kg)		0,053	0,129	0,178	0,120
α-Tocopherol (µg/kg)		12,0	15,1	15,3	15,6
Calcium (g/kg)		6,60	6,68	6,98	6,56
Phosphor (g/kg)		6,64	6,81	6,79	6,51
Eisen (mg/kg)		119	127	128	124
Zink (mg/kg)		117	124	120	120
Kupfer (mg/kg)		11	12	12	11
Weizenvarianten, Maisflocken, Torula-Hefe im Se-Gehalt unter der Nachweisgrenze von 0,020 mg/kg; ¹ Se aus Na ₂ SeO ₃ ; ² Se aus SeMet; ³ Hydrid-AAS-System					

¹ Prof. Dr. Othmar P. Walz und Prof. Dr. Josef Pallauf, Institut für Tierernährung und Ernährungsphysiologie, Justus-Liebig-Universität Giessen, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Giessen

Einstellung auf 0,08 (I), 0,14 (II), 0,20 (III) mg Se/kg aus Na₂SeO₃ sowie 0,2 (IV) mg Se/kg aus Se-Methionin (SeMet) wurden als Pellet rationiert verabreicht und der Futterverzehr täglich festgestellt. Der Se-Gehalt der Grundkomponenten der Futtermischungen lag unter der analytischen Nachweisgrenze von 15 µg Se/kg Futter. Bei der Analyse der Selengehalte in den Futtermischungen mittels Hydrid-Atomabsorption wurden die Sollwerte weitgehend erreicht. Jeweils im Abstand von drei Wochen wurde Blut aus der vena cava cranialis entnommen. Zeitversetzt, bei etwa gleicher Endmasse, wurden die Tiere geschlachtet, die Schlachtkörper vermessen und wertvolle Fleischteile sowie Organe abgetrennt, beurteilt, mit Flüssigstickstoff schockgefrostet und bei -80°C eingefroren. Blut, Fleisch und Organe wurden auf Se-Gehalte und Se-abhängige Enzyme untersucht. Die hierzu eingesetzten Analysenverfahren sind bei Müller (2000) ausführlich beschrieben. Die Bewertung der Schlachtkörper sowie die Beurteilung der Fleischqualitätsparameter erfolgt nach den Richtlinien für die Stationsprüfung (ALZ, 1999). Die statistische Absicherung der Ergebnisse wurde mit dem Programmpaket SPSS für Windows, Version 10.0 und den Prozeduren Kolmogorov-Smirnow, Shapiro-Wilk, Levene, UNIANOVA und Tukey-HSD durchgeführt (Signifikanzniveau $p < 0,05$).

Ergebnisse und Diskussion

Zootechnische Parameter des Mastversuches sind in **Tabelle 2** zusammengefasst. Die täglichen Zunahmen lagen insgesamt auf hohem Niveau, wobei sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ergaben. Die Futterverwertung mit mittleren Werten

zwischen 2:1 bis etwa 2,5:1 kg Futtertrockenmasse pro kg Zunahme zeigte ebenfalls keine signifikanten Differenzen. Auch für die Prozentpunkte der Ausschachtung sowie die Auskühlverluste ließen sich keine signifikanten Unterschiede berechnen.

Tabelle 2: Zootechnische Parameter im Mastversuch mit Schweinen ab 24 kg LM bei unterschiedlicher Selenversorgung (n=6 je Gruppe)

		I (0,08)	II (0,14)	III (0,20)	IV (0,14 SM)
Tägl. Zunahme (g),	bis 37 kg LM	567 ±34	596 ±104	531 ±107	491 ±86
	bis 52 kg LM	733 ±57	707 ±88	706 ±121	712 ±49
	bis 69 kg LM	880 ±37	765 ±153	796 ±132	756 ±83
	bis 88 kg LM	980 ±67	854 ±126	908 ±67	926 ±126
	bis 102 kg LM	839 ±151	802 ±165	786 ±11,8	890 ±120
Futterverwertung, (kg TM / kg Zun.)	bis 37 kg LM	2,22 ±0,14	2,09 ±0,20	2,28 ±0,34	2,24 ±0,29
	bis 52 kg LM	2,36 ±0,22	2,27 ±0,17	2,18 ±0,17	2,17 ±0,09
	bis 69 kg LM	2,19 ±0,11	2,32 ±0,17	2,26 ±0,07	2,21 ±0,16
	bis 88 kg LM	2,27 ±0,17	2,31 ±0,11	2,29 ±0,12	2,20 ±0,09
	bis 102 kg LM	2,55 ±0,32	2,36 ±0,34	2,50 ±0,23	2,21 ±0,09
Schlachtmasse, warm	(kg)	90,5 ±2,3	88,8 ±4,7	90,8 ±5,5	90,4 ±3,5
Ausschlachtung, warm	(%)	84,2 ±0,9	84,5 ±1,0	83,5 ±1,8	84,5 ±1,0
Kühlverluste	(%)	2,2 ±0,9	2,2 ±1,0	3,0 ±0,1	2,7 ±0,9

Hinsichtlich der quantitativen sowie qualitativen Parameter der Fleischbeschaffenheit (**Tab. 3**) stimmen die 4 Versuchsgruppen weitgehend überein. So zeigen insbesondere der Fleischanteil, die Fleischhelligkeit, die pH-Werte und Leitfähigkeit keine signifikanten Differenzen. Allerdings ergibt das nach 1h gemessene

Wasserbindungsvermögen bei den marginal mit Se versorgten Tieren (I) signifikant niedrigere Werte als bei den anderen Gruppen. Dagegen reagiert die Einlagerung von Se in das Muskelfleisch und die Leber versorgungsabhängig. Die Ergänzung der Ration mit Natriumselenit bis 0,2 mg/kg führt hierbei bis zu einer 30% höheren Se-Einlagerung im Muskel, während 0,14 mg Se/kg aus Se-Methionin die Se-Konzentration im Muskel um etwa das 3,5fache erhöht. In dieser Hinsicht können somit Beobachtungen von *Mahan et al. (1999)* bestätigt werden.

Tabelle 3: Schlachtkörper- und Fleischbeschaffenheitsmerkmale von Mastschweinen ((DExDL)xPi) nach unterschiedlicher Selenversorgung (n=6 je Gruppe)

	I (0,08)	II (0,14)	III (0,20)	IV (0,14 SM)
Fleischanteil, Bonner Formel	57,4 ±2,4	59,5 ±2,0	57,5 ±2,5	59,2 ±2,9
Fläche musc. long. dorsi	49,6 ±4,0	51,5 ±4,9	50,0 ±3,2	51,1 ±5,7
Fleisch : Fett Verhältnis	0,40 ±0,07	0,33 ±0,07	0,42 ±0,11	0,33 ±0,11
Fleischhelligkeit (Optostar)	58,8 ±9,7	54,8 ±7,1	55,0 ±12,4	50,5 ±9,9
Wasserbindungsvermögen, 1h	77,4 ±4,9^a	83,4 ±3,5^b	83,4 ±4,9^b	84,4 ±9,9^b
(musc. long. dorsi), 24h	79,4 ±2,9	82,9 ±2,7	81,3 ±2,4	82,6 ±3,7
pH-Wert musc. long. dorsi, 1h	5,7 ±0,3	5,7 ±0,2	5,7 ±0,2	5,5 ±0,2
pH-Wert musc. long. dorsi, 24h	4,5 ±0,4	4,4 ±0,6	4,0 ±0,7	4,0 ±0,5
pH-Wert rectus femoris, 1h	6,0 ±0,3	5,9 ±0,3	5,8 ±0,3	5,8 ±0,3
pH-Wert rectus femoris, 24h	5,3 ±1,2	4,9 ±0,9	5,5 ±1,1	4,9 ±0,8
Leitfähigkeit, Mittelwert, 1h	3,3 ±0,4	3,5 ±0,6	3,8 ±0,3	4,2 ±0,8
Leitfähigkeit, Mittelwert, 24h	4,3 ±2,3	6,5 ±2,7	7,9 ±1,0	7,7 ±2,4
Selengehalt musc. long. dorsi	53,7 ±4,6^a	65,2 ±4,8^b	71,9 ±3,6^b	185 ±9,9^c
Selengehalt Leber	333 ±30^a	396 ±30^b	419 ±22^b	480 ±55^c
Unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen zwischen Versuchsgruppen				

Die hämatologischen Parameter Hämatokrit und Hämoglobin sowie die LDH-Aktivität im Blutplasma zeigten keine gerichtete, vom Versuchsdesign beeinflusste Abhängigkeit. Die Se-Gehalte im Vollblut (**Abb. 1**) der sehr niedrig Se-versorgten Tiere (I) sanken hochsignifikant unter die der anderen Versuchsgruppen ab.

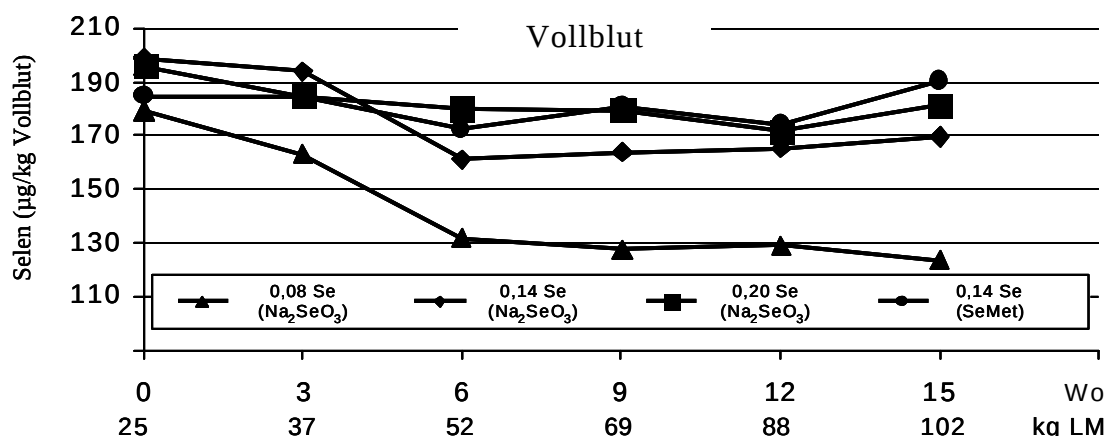


Abbildung 1: Selengehalt im Vollblut von Mastschweinen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Selenzulagen (mg/kg, n=6 je Gruppe)

unter die der anderen Versuchsgruppen ab. Zwischen den anderen Gruppen ergaben sich zwar geringe (II), jedoch nicht signifikante Unterschiede. Der Verlauf der Se-abhängigen GPx im Blutplasma (pGPx) und in den Blutkörperchen (cGPx) (**Abb. 2**) ergab,

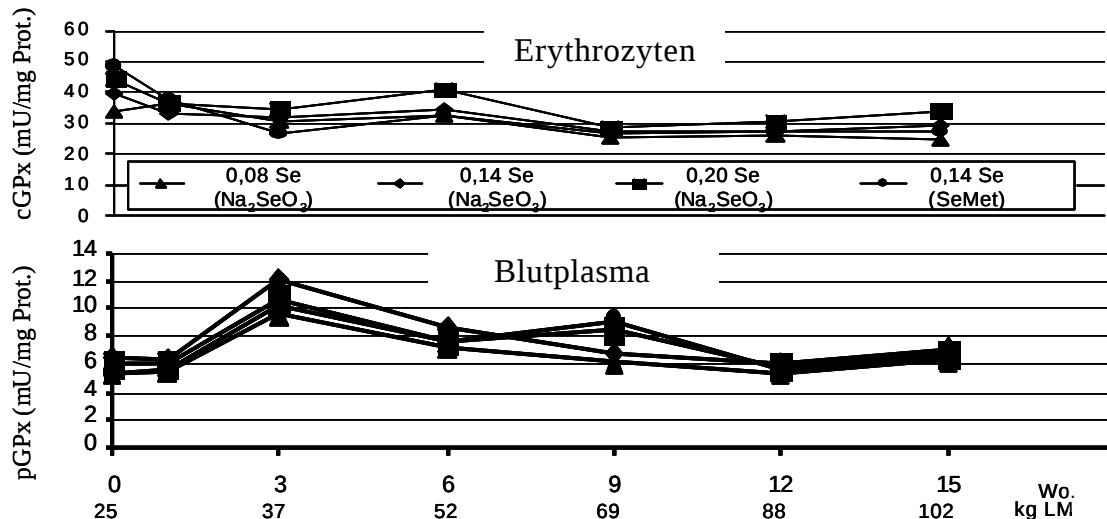


Abbildung 2: Verlauf der Aktivität der Glutathionperoxidase bei Mastschweinen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Selenzulagen (n=6 je Gruppe)

bei insgesamt vergleichsweise hohem GPx Niveau, keine statistisch signifikanten Differenzen zwischen den Versuchsgruppen, wenn auch in der Tendenz der GPx-Verlauf im Plasma der niedrigsten Versorgungsstufe (I) unter den Werten der anderen Gruppen lag. Auch kann dabei kein Unterschied zwischen organisch oder anorganisch gebundenem Se abgeleitet werden. Insgesamt stimmen diese Ergebnisse mit Beobachtungen von *Lei et al. (1998)* und *Mahan et al. (1999)* überein, die ein Plateau der pGPx zwischen 0,05 bis 0,1 mg Se/kg Futter fanden, mit nur „minimalem weiterem Anstieg bei höheren Se-Gaben“. Im Gegensatz zur pGPx reagiert die celläre GPx in der Leber (**Abb. 3**) hochsignifikant positiv auf die Se-Ergänzung von 0,08 mg auf 0,14 mg/kg Futter.

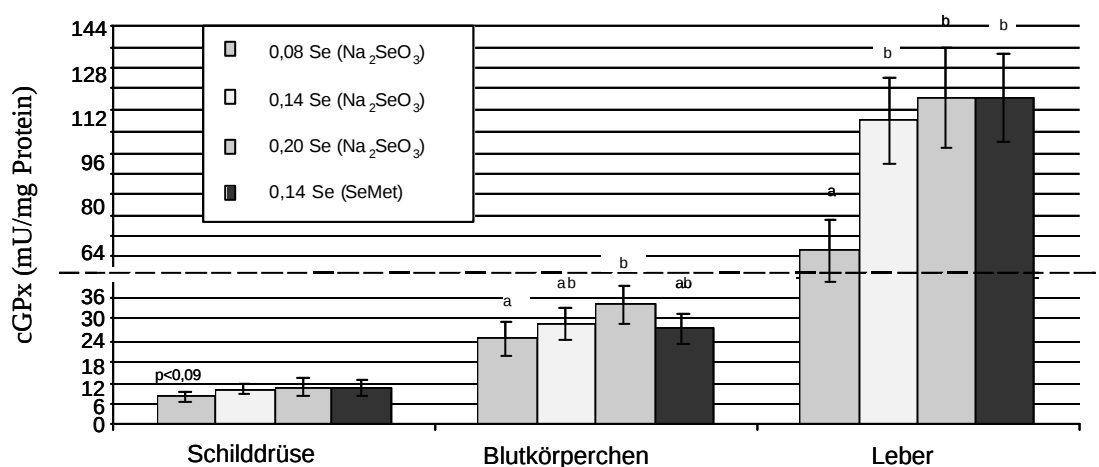


Abbildung 3: Aktivität der cellären Glutathionperoxidase in Leber, Schilddrüse und roten Blutkörperchen von Mastschweinen nach unterschiedlicher Selenversorgung (bei 110 kg LM, n=4x6)

Zum Zeitpunkt der Schlachtung trägt dies ebenfalls für die cGPx der Erythrocyten zu. In Übereinstimmung mit *Lei et al. (1998)* zeigt hingegen die Schilddrüse zwar noch einen tendenziellen Anstieg ($p < 0,09$) von der Se-Stufe 0,08 mg zu 0,14 mg, aber darüber hinaus gleichbleibende cGPx Aktivität. Das Se-Methionin beeinflusst hierbei die cGPx-Aktivität in gleicher Weise wie das Natriumselenit.

Folgerungen

Aus den vorliegenden Ergebnissen lässt sich schlussfolgernd ableiten:

- 1. Beim Mastschwein führte eine Se-Ergänzung über eine Konzentration von 0,08 mg Se/kg Futter hinaus zu keinem messbaren positiven Effekt auf die zootechnischen Parameter sowie die Schlachtkörper- und Fleischqualität.**
- 2. In Anbetracht der Aktivität der Se-abhängigen Enzymsysteme, insbesondere der cGPx, ist die Einstellung eines Se-Gehaltes von mindestens 0,15 mg Se/kg Mastfutter für Schweine empfehlenswert.**
- 3. Se in organischer Verbindung verändert gegenüber Natriumselenit zwar nicht die Se-Spiegel im Blut und die Aktivität der GPx, führt jedoch zu einer mehrfach höheren Se-Einlagerung in das Muskelgewebe sowie einer signifikanten Erhöhung der Se-Konzentration in der Leber.**

Literatur

- ALZ, 1999: Richtlinie für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit beim Schwein; Ausschuss für Leistungsprüfungen u. Zuchtwertfeststellung beim Schwein, Fassung 30.09.1999, Bonn
- X. G. Lei, H. M. Dann, D. A. Ross, W-H. Cheng, G. F. Combs, K. R. Roneker, 1998: Dietary Selenium Supplementation Is Required to Support Full Expression of Three Selenium-Dependent Glutathione Peroxidases in various Tissues of Weanling Pigs, *J. Nutr.* 128:130-135.
- D. C. Mahan, T. R. Cline, B. Richert, 1999: Effects of Dietary Levels of Selenium-Enriched Yeast and Sodium Selenite as Selenium Sources Fed to Growing-Finishing Pigs on Performance, Tissue Selenium, Serum Glutathione Peroxidase Activity, Carcass Characteristics, and Loin Quality, *J. Anim Sci.* 77:2172-2179
- A. Müller, 2000: Untersuchungen zur ernährungsphysiologischen Funktion von Selen und Vitamin E beim Kaninchen. Diss. FB09, Universität Giessen, Logos Verlag, Berlin (ISBN 3-89722-588-3)
- O. P. Walz, A. Fischer, E. Most, A. Wagner, J. Pallauf, 2002: Criteria for the Evaluation of Selenium Requirement of Growing Pigs, *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 11:57

Lupineneinsatz in der Broilerfütterung im ökologischen Landbau

Naumann, Petra (Köllitsch)¹; Golze, Manfred; Schöberlein, Lore; Damme, Klaus

Einleitung und Problemstellung

Die Eiweißversorgung im Rahmen der ökologischen Fütterung im Besonderen bei Geflügel und Schwein stellt in der Regel einen Engpass dar bzw. wird durch den gering möglichen Anteil an Zukauffuttermittel begrenzt.

Ziel eines Versuches von der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft und der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht sowie mit Unterstützung des Naturverbandes zum Einsatz von Lupinen in der Broilerfütterung war es zu prüfen, in wieweit Lupinen die gebräuchlichen Erbsen in der Geflügelration ersetzen bzw. wie durch gesteigerte Anteile die konventionellen Zukauffuttermittel in der ökologischen Fütterung reduziert werden können. Durch Einbeziehung einer Variante mit hydrothermisch behandelten Lupinen sollte ermittelt werden, ob dieses Verfahren positive Effekte für die Eiweißversorgung (bessere Proteinverdaulichkeit) im ökologischen Landbau mit sich bringt.

Material und Methode

Insgesamt wurden 4 Futtermittelformen (8 % Erbsen bzw. Lupinen sowie 12 % Lupinen bzw. hydrothermisch behandelte Lupinen im Starterfutter (1. - 4. LW) / 15 % Erbsen bzw. Lupinen sowie 20 % Lupinen bzw. hydrothermisch behandelte Lupinen im Mastfutter (5. - 8. LW) parallel an jeweils 500 Tiere der langsam wachsenden Mastlinie ISA J257 (10 Tiere/m² in 20 eingestreuten Abteilen) ad libitum gefüttert. Neben den Mastleistungskennzahlen (Zunahmen, Futterverbrauch) wurden auch der Wasserverbrauch und die Einstreuqualität erfasst. Am Ende der Mastperiode wurden 20 durchschnittliche Tiere je Futtermittelformen geschlachtet und Parameter der Schlachtkörperqualität und Fleischzusammensetzung (u.a. Fettsäuren) ermittelt.

Ergebnisse

Mastleistung

Bereits in der Starterphase, das heißt bis zum 28. Lebenstag, erreichten die Broiler, die mit der Futtermittelformen der behandelten Lupinen gefüttert wurden, sehr gute Mastergebnisse. Am Versuchsende war eine deutliche Überlegenheit der Variante mit hydrothermisch behandelten Lupinen im Futter zu verzeichnen (Tabelle 1).

Mit durchschnittlich 1.794 g Mastendgewicht am 56. Lebenstag erlangten diese Tiere ca. 200 g höhere Endgewichte, als die Tiere, an die die Erbsenvergleichsration gefüttert wurde. Die Verluste waren dabei am niedrigsten. Die täglichen Zunahmen in den einzelnen Haltungsabschnitten unterstreichen diese Ergebnisse (Abbildung 1).

Trotz höheren Futterverbrauch der Broiler, die mit der Ration mit hydrothermisch behandelten Lupinen gefüttert wurden, konnte eine sehr gute Futterverwertung realisiert werden (Tabelle 2). Die beiden anderen Lupinenmischungen erreichten vergleichbare Ergebnisse wie die Ration mit Erbsen.

Neben dem Futterverbrauch wurde auch der Wasserverbrauch erfasst (Tabelle 3). Hinsichtlich des Wasserverbrauches über den gesamten Versuchszeitraum wurde

¹ eMail: Petra.Naumann@fb08.lfl.smul.sachsen.de

mit 8,3 l/Tier der höchste Verbrauch bei den Tieren, die die hydrothermisch behandelten Lupinen im Futter hatten, verzeichnet. Der Mehraufwand war im Vergleich zu den Tieren der anderen Rationen (6,1 - 6,8 l/Tier) hoch. Er führte am Ende der Mast zu einer etwas schlechteren Einstreuqualität.

Schlachtleistung und Fleischqualität

Hinsichtlich der Schlachtkörperzusammensetzung war lediglich ein geringer Vorteil beim Anteil wertvoller Fleischteile bei der Tiergruppe mit hydrothermisch behandelten Lupinen im Futter festzustellen (Tabelle 4). Die sensorischen Eigenschaften des Brustfleisches (Saftigkeit, Zartheit, Geschmack/Aroma) blieben durch die Fütterung im vorliegenden Versuch weitestgehend unbeeinflusst. Eine Analyse der Fettsäurezusammensetzung vom Abdominal- und Keulenfett ergab einen deutlichen Anstieg des Linolsäuregehaltes bis zu 10 % und ein Absinken des Palmitinsäuregehaltes um ca. 5 % bei den Varianten mit Lupinen in der Futtermischung gegenüber der Erbsenstandardration (Tabelle 5).

Zusammenfassung

Die Einbeziehung der Blauen Lupine in die Fütterung von Broilern unter den Bedingungen der Ökologischen Tierhaltung erwies sich in den vorliegenden Versuchen durchaus als Alternative zu den gegenwärtig üblichen Erbsen als Proteinträger. Die erzielten Leistungen entsprachen der Erbsen-Vergleichsgruppe beziehungsweise waren im Fall der hydrothermisch behandelten Lupinen bei den Mastkennzahlen signifikant besser sowohl im Starterbereich als auch im Mastbereich. Die angestrebte Einsparung von konventionellen Zukauffuttermitteln im Starterfutter durch einen höheren Anteil Lupinen in der Ration konnte mit den behandelten Lupinen überzeugend bestätigt werden. Der alleinige Anstieg des Lupinenanteils im Starterfutter brachte zwar keine signifikanten Unterschiede zum Erbsenfutter, tendenziell sind die Ergebnisse aber nicht überzeugend, da eine schlechtere Futterverwertung zu verzeichnen war.

Bei den hier vorgestellten überwiegend positiven Ergebnissen der Mast-, Schlacht und Fleischqualität handelt es sich aber nur um einen Durchgang. Um die Aussagefähigkeit zu vertiefen, wäre eine Wiederholung der Versuchsanstellung zu empfehlen. Außerdem sind detailliertere Untersuchungen zur Futtermittelanalytik einzubeziehen und die Möglichkeit eines Verdauungsversuches zu prüfen, um die Effektivität insbesondere der hydrothermisch behandelten Lupinen gezielt zu erfassen.

Tabelle 1 Mastergebnisse nach Versuchsende (56.Tag)

Merkmal	8/15 % Erbsen	8/15% Lupinen	12/20 % Lupinen	12/20 % beh. Lupinen
Körpergewicht (g)	1.571 ^a	1.539 ^a	1.531 ^a	1.794 ^b
Zunahmen (g)	1.529 ^a	1.497 ^a	1.489 ^a	1.752 ^b
Futtermittelverbrauch (g)	3.818 ^{ab}	4.385 ^b	3.755 ^a	4.167 ^b
Futterverwertung (kg Futter/kg Zuwachs)	2,50 ^b	2,93 ^a	2,52 ^b	2,38 ^c
Verluste (%)	2,2	2,8	1,6	1,0

a, b, c kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (p=0,05)

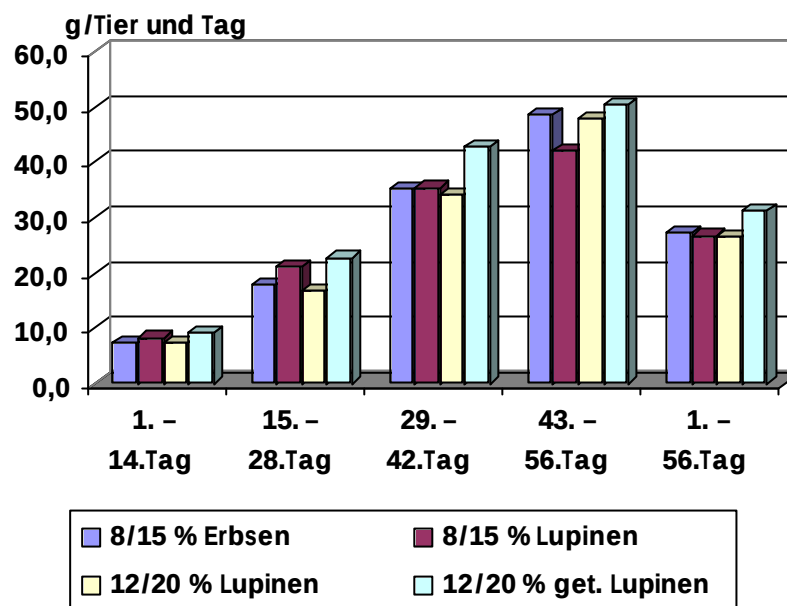


Abbildung 1 Tägliche Zunahme in den einzelnen Erhebungsabschnitten (g/Tier und Tag) [fett]

Tabelle 2 Übersicht – Aufwand an Futter, Energie und Rohprotein über den gesamten Versuchszeitraum

/kg Zunahme 1.-56.Tag		8/15 % Erbsen	8/15 % Lupinen	12/20 % Lupinen	12/20 % beh. Lupinen
Futtermittelverbrauch	(kg)	2,50	2,93	2,52	2,38
Energieaufwand	(MJ)	31,6	37,8	32,2	30,9
Rohproteinaufwand	(g)	495	582	531	518

Tabelle 3 Wasserverbrauch und Wasser-Futter-Verhältnis über den gesamten Versuchszeitraum (1. - 56.Tag)

		8/15 % Erbsen	8/15 % Lupinen	12/20 % Lupinen	12/20 % beh. Lupinen
Wasserverbrauch	(l)	6,13 ^a	6,81 ^b	6,74 ^b	8,30 ^c
Wasser/Futter		1,61 ^a	1,55 ^a	1,80 ^b	2,00 ^c

a, b, c kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (p=0,05)

Tabelle 4 Übersicht Schlachtkörperzusammensetzung

		8/15 % Erbsen	8/15 % Lupinen	12/20 % Lupinen	12/20 % beh. Lupinen
Lebendgewicht	g	1.836 ^a	1.824 ^a	1.829 ^a	2.035 ^b
Schlachtkörper	g	1.347 ^a	1.314 ^a	1.324 ^a	1.486 ^b
Ausschlachtung	%	75,1 ^{ab}	74,2 ^b	74,4 ^b	75,7 ^a
Kühlverlust	%	2,5 ^a	2,9 ^b	2,5 ^a	2,9 ^b
Magen	g	36,3	35,3	34,9	32,3
Herz	g	6,6	6,8	6,9	7,2
Leber	g	32,0	31,7	31,2	32,7
Abdominalfett	g	38,9	33,4	30,2	37,9
% v. Schlachtkörper	%	2,9	2,5	2,3	2,6
Brust	g	282,1 ^a	262,7 ^a	270,2 ^a	320,9 ^b
% v. Schlachtkörper	%	21,0	20,1	20,5	21,7
Schenkel	g	380,8 ^a	375,2 ^a	397,3 ^a	441,2 ^b
% v. Schlachtkörper	%	28,2 ^a	28,5 ^{ab}	30,0 ^c	29,6 ^{bc}
wertv. Fleischteile	g	662,9 ^a	638,0 ^a	667,6 ^a	762,0 ^b
% v. Schlachtkörper	%	49,2 ^{ab}	48,6 ^a	50,5 ^{bc}	51,3 ^c
Brust					
Brusthaut	g	30,6	27,5	29,5	31,9
% v. Brust gesamt	%	10,9	10,5	10,9	9,9
Brustmuskel, klein	g	57,4 ^a	56,1 ^a	54,7 ^a	65,8 ^b
% v. Brust gesamt	%	20,3	21,3	20,3	20,5
Brustmuskel, groß	g	192,9 ^a	178,0 ^a	185,8 ^a	222,9 ^b
% v. Brust gesamt	%	68,4	67,7	68,7	69,5

a, b, c kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (p=0,05)

Tabelle 5 Übersicht - Fleischinhaltsstoffe

		8/15 % Erbsen	8/15 % Lupinen	12/20 % Lupinen	12/20 % beh. Lupinen
Brust					
Fett	%	1,32 ^a	0,89 ^a	1,44 ^b	1,25 ^{ab}
Wasser	%	74,2	74,3	73,9	73,8
Rohprotein	%	23,5	23,7	23,6	23,9
Keule					
Fett	%	4,90 ^{ab}	5,16 ^a	3,92 ^{ab}	3,57 ^b
Wasser	%	75,0	74,3	75,4	75,5
Rohprotein	%	19,1 ^a	19,5 ^{ab}	19,6 ^b	19,9 ^b

a, b, c kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (p=0,05)

Auf Chlorversorgung der Legehennen achten

Richter, Gerhard (Remderoda)¹; Bargholz, Jürgen; Leiterer, Matthias; Heller, Elke

Problemstellung

Futtermittel für Geflügel sind arm an Chlor. Bei einem Vergleich von Bedarf und Angebot ergibt sich, dass zur Cl-Bedarfsdeckung ein Zusatz von mineralischem Chlorid zum Alleinfutter zwingend notwendig ist. Die Na- und Cl-Versorgung wurde hauptsächlich über NaCl realisiert und dadurch bestand oft eine Überversorgung an Cl. Deshalb wurde in den letzten Jahren der Cl-Zusatz in Form von NaCl reduziert und das Überangebot verhindert. Die Substitution von Cl-reichen Tiermehl in den Rationen kann bei fehlendem Ausgleich zu einer Unterversorgung an Cl führen, wie es kürzlich in zwei Großbetrieben vorgekommen ist.

Das Ziel der aus den Schadensfällen angeregten Versuche bestand in der Prüfung der Auswirkungen von nicht bedarfsdeckenden Cl-Zusätzen zum Legehennenfutter.

Material und Methoden

In zwei acht- bzw. zwölfwöchigen Versuchen mit LB- bzw. LSL-Hennen im Alter von 34 bzw. 33 Wochen wurden je Gruppe 4 Hennen in Einzelhaltung eingestallt. Die Versuchsanordnung bzw. analysierte Konzentration einiger Elemente im verwendeten Legehennenfutter zeigt Tabelle 1. Die aus nur pflanzlichen Komponenten bestehenden Rationen waren nährstoffbedarfsdeckend und enthielten ohne Zusatz in den Versuchen A 0,5 bzw. B 0,4 g Cl/kg Legehennenfutter. In den Exkrementen, Eibestandteilen und der Tibia erfolgte die Analyse von Elementen nach den VDLUFA-Methodenbuch III. Für die Ei- und Tibiaanalysen sind jeweils 2 Eier bzw. Tibien verwendet wurden.

Tabelle 1: Analysierte Konzentration von Chlor im Futter (g/kg Legehennenfutter)

	Gruppen			
	1	2	3	4
Versuch A	1,8	1,2	0,9	0,5
Versuch B	1,3	0,8	0,6	0,4

Ergebnisse und Diskussion

Mit abnehmender Cl-Versorgung der Hennen verringerte sich auch der Futterverzehr (Tab. 2 und 3).

Die Unterschiede im Versuch A in der Gruppe ohne Cl-Zusatz und im Versuch B in allen Gruppen mit verringertem Cl-Zusatz waren zu den Kontrollgruppen statistisch zu sichern. In Analogie zum Futterverbrauch nahmen die Legeleistung und die Einzeleimasse drastisch ab.

¹ eMail: tierernaehrung@jena.tll.de

Tabelle 2: Leistungen von Hennen bei gestaffelten Chlorid-Zusätzen (Versuch A)

Parameter		Gruppe/CI-Zusätze/kg Futter				Grenz- differenz T 0,05
		1 / 1,5 g	2 / 0,8 g	3 / 0,4 g	4 / ohne	
Futtermittelverzehr, g/Tier + Tag	0	119,0	107,0	120,9	89,9	25,9
	s ±	21,2	5,4	7,6	8,3	
Legeleistung, %	0	98,7	93,8	97,8	71,9	15,8
	s ±	1,7	5,5	3,4	13,5	
Einzeleimasse, g	0	62,1	63,2	62,4	54,4	7,6
	s ±	3,9	3,5	1,7	6,9	
Futtermittelaufwand, kg/kg Ei	0	1,94	1,81	1,98	2,30	0,39
	s ±	0,25	0,13	0,57	0,24	
Körpermassezunahme, g	0	113	- 21	34	- 341	o 1)
	s ±	82	100	43	37	
Bruchfestigkeit der Tibia, N	0	70,4	62,5	57,8	59,5	13,1
	s ±	4,1	16,8	5,4	6,6	
Bruchfestigkeit der Eier, N	0	41,7	35,5	38,5	33,4	5,8
	s ±	7,1	6,2	7,2	10,6	
Haugh-Einheiten	0	77	74	79	92	6
	s ±	9	12	10	5	

¹⁾ keine Normalverteilung

¹⁾ keine Normalverteilung

Tabelle 3: Leistungen von Hennen bei gestaffelten Chlorid-Zusätzen (Versuch B)

Parameter		Gruppe/Cl-Zusätze/kg Futter				Grenz- differenz T 0,05
		1 / 1,2 g	2 / 0,4 g	3 / 0,2 g	4 / ohne	
Futtermverzehr, g/Tier + Tag	0	121,1	101,7	97,7	89,2	14,9
	s ±	9,4	7,4	5,5	5,1	
Legeleistung, %	0	97,6	83,1	75,0	51,9	13,4
	s ±	2,4	2,1	10,2	6,9	
Einzeleimasse, g	0	68,3	59,8	56,3	58,3	6,8
	s ±	2,2	3,4	2,0	2,2	
Futtermverbrauch, kg/kg Ei	0	1,82	2,04	2,31	2,95	0,60
	s ±	0,12	0,12	0,29	0,46	
Körpermassezunahme, g	0	45	16	29	- 291	1)
	s ±	65	64	73	-	
Tierabgänge, %	0	0	25	0	100	1)
	s ±		50			
Deformation der Eier, µm	0	68	64	63	61	>
	s ±	15	17	16	16	
Haugh-Einheiten	0	85	85	91	93	5
	s ±	6	8	5	5	

¹⁾ keine Normalverteilung

Mit zunehmender Versuchsdauer verschlechterten sich die Leistungen. In der 11./12. Versuchswoche des Versuches B erreichten die Hennen ohne Cl-Zusatz im Futter z. B. nur noch 16,7 % Legeleistung bei einer Einzeleimasse von 34,0 g gegenüber 94,6 % und 68,7 g bei den Kontrollhennen. Die Dauer zwischen dem Beginn nicht bedarfsgerechter Cl-Versorgung und auftretenden Leistungsminderungen richtet sich nach dem Grad der Unterversorgung. Nach etwa 10 Tagen ist mit Leistungsminderungen zu rechnen. In den Versuchsgruppen mit Cl-Unterversorgung nahm auch die Streuung der Einzelwerte stark zu. Mit abnehmender Cl-Konzentration im Futter stieg der Futtermverbrauch je kg Eimasse an. Die Körpermasseentwicklung der Hennen wurde durch die Cl-Supplementation verändert. In allen Versuchsgruppen lag die Lebendmassezunahme niedriger als in den Kontrollgruppen, in den Gruppen 4 nahmen die Tiere sogar deutlich ab.

Im Versuch A gab es keine Tierabgänge infolge Selektion und Mortalität. In der Gruppe ohne Cl-Zusatz des Versuches B verendeten ab der 5. Versuchswoche Tiere. Die Sektion und bakterielle, parasitologische sowie histologische Untersuchungen ergaben keine gerichteten Resultate.

Zu beobachten war, dass einige Hennen mit Cl-Unterversorgung ständig versuchten, die Henne im anderen Käfig zu hacken bzw. die Hennen pickten gegen die Käfigwand bzw. das Gitter. Daraus kann man ableiten, dass diese Tiere in der Gruppenhaltung zu Kannibalismus tendiert hätten. Zwischen der Bruchfestigkeit der Tibia und der Cl-Konzentration im Futter bestand eine positive Beziehung.

Bei den äußeren und inneren Eiequalitätsmerkmalen bestanden partiell Beziehungen zur Cl-Versorgung der Hennen. Im Versuch A nahm die Eischalenstabilität, gemessen als Bruchfestigkeit und Schalendichte, bei Cl-Unterversorgung ab (Tab. 2). Im Versuch B konnte das Ergebnis mit der Deformation der Eischale nicht bestätigt werden, im Trend nahm die Deformation mit abnehmendem Cl-Zusatz

ebenfalls ab (Tab. 3). Die Eischalenfarbe, der von braunen Hennen gelegten Eier, wurde mit abnehmendem Cl-Gehalt im Futter heller, in den Gruppen 3 und 4 signifikant. Mit Abnahme der Cl-Supplementation im Futter verbesserten sich die Haugh-Einheiten als Qualitätsmerkmal der inneren Eiqualität. Eine Ursache kann dafür nicht beschrieben werden. Die Konzentration der analysierten Elemente in der Eischale war unabhängig von der Cl-Versorgung der Tiere (Tab. 4).

Tabelle 4: Konzentration einiger Elemente in verschiedenen Substanzen im Versuch A, n=4

Substanz	Element	g Cl/ kg Futter								Grenz- differenz T 0,05
		1,8		1,2		0,9		0,5		
		Gruppen								
		1		2		3		4		
		0	s ±	0	s ±	0	s ±	0	s ±	s ±
Exkremente	Cl	4,5	1,9	1,0	0,7	0,3	0,05	0,3	0,05	0,3
	Na	2,9	0,2	3,1	1,0	3,0	0,5	3,5	0,7	>
	K	21,1	3,4	21,9	2,6	23,4	0,5	23,5	0,2	>
	Cl ¹⁾	2,9	0,5	0,3	0	0,3	0	0,3 ²⁾		2,2
	Na ¹⁾	2,5	0,5	2,6	0,5	3,5	0,4	3,8 ²⁾		>
Tibia	Cl	1,5	0,3	1,1	0,1	1,1	0,2	0,9	0,1	0,4
	Na	5,3	0,3	5,1	0,2	5,3	0,2	5,1	0,1	>
	K	2,2	0,2	1,8	0,2	1,8	0,2	1,7	0,1	0,4
essbares Ei	Cl	1,6	0,2	1,1	0,2	0,9	0,05	0,9	0,2	0,4
	Na	6,6	0,3	6,6	0,3	6,4	0,3	7,4	0,5	0,7
	K	6,0	0,7	5,9	0,6	5,8	0,1	5,8	0,4	>
Dotter	Cl	0,2	0	0,7	0,6	0,5	0,2	0,2	0	>
	Na	1,0	0,1	0,9	0,1	1,0	0,1	1,2	0,1	0,2
	K	2,3	0,2	2,2	0,2	2,2	0,1	2,4	0,1	>
Eiklar	Cl	1,6	0,4	2,2	0,05	1,5	0,3	2,0	0,2	0,6
	Na	14,8	1,2	15,7	1,3	14,6	1,0	13,8	0,5	>
	K	10,1	1,2	10,3	0,4	10,4	0,6	8,8	1,3	>

¹⁾ Versuch B

²⁾ n = 1

¹⁾ Versuch B

²⁾ n = 1

Mit Verringerung der Cl-Aufnahme nahm auch der Cl-Gehalt im essbaren Ei signifikant ab, der Kaliumanteil blieb unverändert und bei Na ist bei der niedrigsten Cl-Stufe der höchste Wert ermittelt worden. Im Eiklar und Eidotter sind die Anteile Cl, Na und K nicht gerichtet beeinflusst.

Zwischen dem Cl-Gehalt im Futter und in der Tibia bestand eine positive Beziehung, auch die K-Konzentrationen waren signifikant niedriger. Keine gesicherten Unterschiede bestanden bei Na, Ca und P in der Tibia.

Mit verringertem Cl-Verzehr exkretierten die Hennen signifikant weniger Cl (Tab. 4). Bei K bestanden keine Unterschiede. Die Na-Ausscheidung nahm tendenziell mit abnehmendem Cl-Verzehr zu. Weitere detaillierte Ergebnisse sind von Richter und Bargholz (2002) publiziert.

Zusammenfassung

In zwei sechs- bzw. zwölfwöchigen Versuchen mit LB- bzw. LSL-Hennen wurden pflanzliche Rationen mit 0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2 bzw. 1,5 g Chlorid-Zusatz jeweils pro kg Mischfutter angeboten. Eine Unterversorgung von Chlor führt zu geringerer Futteraufnahme, Legeleistung und Körpermassezunahme, kleineren Eiern und höherem Futteraufwand. Die Tierverluste in der Gruppe ohne Cl-Zusatz des Versuches B waren erhöht und die Hennen neigten zu Kannibalismus. Im Versuch A

war die Eischalenstabilität bei Cl-Unterversorgung vermindert und die braunen Eier wurden heller. Der Cl-Gehalt in den Exkrementen und in der Tibia nahm mit verringertem Cl-Verzehr ab.

Die Versuche zeigen eindeutig, dass eine Unterversorgung an Chlorid die Leistungen der Hennen drastisch verringert. Es sollte darauf geachtet werden, dass mindestens 1,0 g Cl/kg Legehennenfutter enthalten sein muss.

Richter, G. und J. Bargholz (2002): DGS-Magazin 54, Nr. 22, S. 31-33

Ermittlung der Körperzusammensetzung mittels Ultrasonographie am lebenden Tier

Stamm, Sandra (Köllitsch)¹; Golze, Manfred

Einleitung

Gute Zunahmen und ein hoher Schlachtkörperwert sind die vorrangigen Ziele in der Fleischrindproduktion. Angestrebt wird ein Schlachtkörper mit hohem Fleischanteil bei geringem Fettanteil.

Eine Möglichkeit für die frühzeitige Selektion von Zuchttieren kann dabei die Ultraschalltechnik sein. Auf den Gebieten der Schweine- und Schafzucht wird diese Methode bereits für die Selektion eingesetzt. Bei Rindern wurde diese Methode bisher nicht empfohlen, da die bislang verfügbare Technik keine ausreichende Gewebeabgrenzung zuließ. Auch Beziehungen zwischen Ultraschallmaßen des musc. long. dorsi zu Schlachtkörperteilstücken konnten nicht zufriedenstellend herausgearbeitet werden.

RÖSLER et al. (1996) stellte in seinen Untersuchungen fest, dass die Rückenmuskelfläche und die Muskeldicke an der Keule mittlere bis hohe Korrelationen zum Fleisch- bzw. Knochengewicht aufweisen. Jedoch konnten keine genauen Angaben über das Gewicht des Fettgewebes mittels Ultraschall erzielt werden. Aufgrund der zu geringen Informationen, den die Ultraschalltechnik zur Schätzung der Schlachtkörperzusammensetzung im Verhältnis zum Kostenaufwand erbringt, rät er von einem Einsatz ab.

Nach Untersuchungen von TSCHÜMPERLIN et al. (1996) ist der Fettanteil besser abschätzbar als der Fleischanteil. Diese Ergebnisse stimmen mit denen anderer Autoren überein, wie TSCHÜMPERLIN et al. (1996) in seinen Ergebnissen feststellte. Gleichzeitig empfiehlt er in seinen Ausführungen den Einsatz des Ultraschallverfahrens im Zuchtprogramm. WILSON et al. (1998), BRUCKMAIER et al. (1998) sowie GRASER et al. (1998) stellten im Ergebnis ihrer Untersuchungen fest, dass der Einsatz von Ultraschallgeräten für die Ermittlung der Körperbeschaffenheit und des IMF-Wertes unbedingt zu empfehlen ist.

Mit Verbesserung der Gerätetechnik konnten TSCHÜMPERLIN et al. (1996) und WILSON et al. (1998) die genannten Ergebnisse erzielen.

Mittlerweile steht verbesserte Technik zur Verfügung, die im Rahmen des vorliegenden Projekts auf ihre Tauglichkeit hinsichtlich der Fragestellung des Projekts untersucht wurde. Bei Verbandskörurungen von Jungbullen der Fleischrindrassen und im Rahmen der Fleischleistungsprüfung in Mutterkuhherden, deren Ergebnisse Grundlage für die Zuchtwertschätzung von Fleischrindbullen sind, werden durch subjektive Einschätzung Bemuskelungsnoten vergeben. Analysen zeigen, dass diese Methode oftmals nur eine ungenügende Differenzierung des Leistungsvermögens der Einzeltiere zulässt sowie stark Beurteilerabhängig und damit ungenau ist. Ziel war es deshalb, die Möglichkeit der perspektivischen Ablösung der Bemuskelungsnoten durch objektive Ultraschallergebnisse zu prüfen und dabei auch den Aufwand zu ermitteln. Die Schwerpunkte der Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ✓ Möglichkeiten des Einsatzes der Messtechnik und Prüfung der Genauigkeit
- ✓ Feststellung von Beziehungen zwischen Ultraschallmaßen und Schlachtkörperwerten
- ✓ Verwendung der Ultraschallmaße für die Eigenleistungsprüfung

¹ eMail: Sandra.Stamm@fb08.lfl.smul.sachsen.de

Material und Methode

Die Untersuchungen wurden an Absetzern aus der Mutterkuhhaltung sowie an Schlachtrindern aus 14 sächsischen, bayrischen und baden-württembergischen Praxisbetrieben durchgeführt. Es wurden insgesamt 512 männliche und weibliche Rinder verschiedener Genotypen in die Auswertung einbezogen (Tabelle 1). Von 132 Tieren standen Ergebnisse der Schlachtkörperzerlegung zur Verfügung (Tabelle 2).

Zur Ultraschallmessung wurde ein Realtime Scanner 200 der Firma Pie Data mit einem Linearschallkopf von 3,5 MHz verwendet (Abbildung 1). Die Aufzeichnung der Querschnittsbilder erfolgte über Videoband. Die gespeicherten Bilder wurden mittels des Programmes TV 2000 in den Computer eingelesen und dort mit Hilfe eines Flächenvermessungsprogrammes ausgewertet. Die Ultraschallmessung sowie die Vermessung der Ultraschallbilder erfolgte durch eine Person. Vermessen wurde der Musculus Longissimus Dorsi an zwischen der 12./13. Rippe (siehe Abbildung 2). Dies hat zwei Gründe: - Literaturergebnisse belegen, dass diese Messstelle in enger

- Beziehungen zum Schlachtkörperwert steht.
- Die Messstelle lässt sich sehr gut erfassen.

Tabelle 1: Datenübersicht zu den Merkmalen Ultraschallgraphisch erfasste Rückenmuskelfläche (RMF-US) und Gewicht zur Ultraschallmessung (G-US)

Rasse	männlich			weiblich			Ochse			Gesamt		
	N	MW	s	N	MW	s	N	MW	s	N	MW	s
	RMF-US in cm ²											
Schwarzbunt							10	51,8	11,8	10	51,8	11,8
Limousin	23	69,1	16,0	21	55,7	13,8				44	62,7	16,3
Deutsch Angus	125	55,5	12,2	92	45,2	11,9				217	51,1	13,1
Hereford	44	52,5	8,9	24	42,6	5,9				68	49,0	9,2
Fleisch-Fleckvieh	50	64,8	11,7	54	49,8	10,4				104	57,0	13,4
Uckermärker	24	77,5	7,8							24	77,5	7,8
Fl.rindkreuzungen	24	75,1	6,1	15	69,6	12,0	2	63,6	4,9	41	72,5	9,1
Gesamt	290	61,1	14,0	206	48,9	13,1	12	53,8	11,7	508	56,1	14,8
	G-US in kg											
Schwarzbunt							10	536,	48,9	10	536,	48,9
								3			3	
Limousin	24	440,	173,	22	278,	89,3				46	362,	160,
		3	2		1						7	5
Deutsch Angus	126	447,	119,	92	353,	79,0				218	407,	114,
		8	1		0						8	0
Hereford	44	361,	88,5	24	307,	44,4				68	342,	79,9
		6			2						4	
Fleisch-Fleckvieh	50	436,	145,	54	302,	85,0				104	367,	135,
		3	9		9						1	4
Uckermärker	24	648,	46,5							24	648,	46,5
		0									1	
Fl.rindkreuzungen	25	651,	59,0	15	486,	84,6	2	478,	76,4	42	584,	106,
		2			9			0			2	6
Gesamt	293	466,	145,	207	336,	93,1	12	526,	54,8	512	415,	141,
		1	8		4			6			1	4

Tabelle 2: Datenübersicht zu den Schlachtkörpermerkmalen

Merkmal	Abkürzung	Masseinheit	N	MW	s
Schlachtkörpergewicht-warm	SKG-W	kg	132	333,3	59,2
Gewicht Vorderviertel	VV	kg	132	79,1	15,6
Gewicht Hinterviertel	HV	kg	132	87,5	14,4
Gewicht-Fleischdünnung	FID	kg	132	8,1	2,1
Gewicht-Knochendünnung	KnD	kg	132	9,7	2,0
Gewicht-Hinterhaxe	HHX	kg	132	7,6	1,1
Gewicht Keule	K	kg	132	45,3	8,2
Gewicht-Roastbeef	RB	kg	132	13,1	2,3
Gewicht-Filet	F	kg	132	3,2	0,6
Gewicht-Hals	H	kg	132	14,9	4,0
Gewicht-Brust	B	kg	132	13,2	2,7
Gewicht-Bug	Bug	kg	132	20,9	4,0
Gewicht-Vorderhaxe	VHX	kg	132	5,0	0,8
Gewicht- Spannrippe	SpR	kg	132	9,1	1,8
Gewicht- Kamm	KM	kg	132	16,0	3,5
Rückenmuskelfläche am Schlachtkörper	RMF-SK	cm ²	127	94,5	17,0

Weiterhin wurden zum Zeitpunkt der Schallung das Gewicht sowie die Bemuskelungsnote erfasst.

Die Schlachtung der Tiere erfolgte im Schlachthof Färber in Oschatz. Die Zerlegung erfolgte 48 h p.m. nach DLG-Schnittführung an der linken Hälfte.

Erfasst wurden das Gewicht der Schlachtkörperhälfte, das Vorderviertel- und Hinterviertelgewicht sowie die Einzelgewichte der wertvollen Teilstücke. Zur Bestimmung der Kotelettgröße erfolgte eine Trennung der Schlachtkörperhälfte an der 13. Rippe.

Die Fläche des musc. long. dorsi wurde mittels Folie abgezeichnet und später am PC mit Hilfe des Programms BVF ausgemessen.

Ergebnisse

Die statistische Auswertung erfolgte durch das Statistikprogramm SPSS for Windows 10.0 bzw. VCE

Funktion und Handling

Die Ultraschallmessung wurde während der Wägung der Rinder durchgeführt. Die Scannung ist somit direkt in den Arbeitsablauf eingebunden. Die Bedienung des Gerätes ist einfach und übersichtlich. Um exakt auswertbare Bilder zu erzeugen, muss eine gute Fixierung der Tiere gewährleistet werden. Sind Außenmessungen notwendig, muss beachtet werden, dass sich bei Temperaturen unter 10 °C die Bild Darstellung verschlechtert. Dies kann durch eine festere Konsistenz des Kontaktmittels hervorgerufen werden. Optimale Bedingungen für Ultraschalluntersuchungen liegen in Temperaturbereichen von > 18 C°.

Wiederholbarkeit

Zur Ermittlung der Wiederholbarkeit wurden bei jeder Schallung zwei Bilder pro Tier gespeichert.

Die Schallung sowie die Flächenmessung am PC wurde durch eine Person durchgeführt, somit können individuelle Einflussfaktoren von verschiedenen Betrachtern ausgeschlossen werden.

Für die Fläche des musc. long. dorsi wurden insgesamt 5 Messungen pro Ultraschallaufnahme durchgeführt, so dass bei 2 Bildern pro Tier insgesamt 10 Werte ermittelt wurden.

Für die Auswertung der Daten bildete folgendes statistisches Modell die Grundlage:

$$y_{ijk} = m + t_i + S_{ij} + e_{ijk}$$

y_{ijk} = Messwert des untersuchten Merkmals für das ij-te Tier
 m = Gesamtmittelwert
 t_i = Effekt des i-ten Tieres
 S_{ij} = Effekt der Schallung
 e_{ijk} = Restfehler

Daraus berechneten sich die einzelnen Wiederholbarkeiten wie folgt:

Wiederholbarkeit der Messungen Wiederholbarkeit der Schallung

$$W_M = \frac{s_t^2 + s_s^2}{s_t^2 + s_s^2 + s_e^2} \qquad W_S = \frac{s_t^2}{s_t^2 + s_s^2 + s_e^2}$$

s_t^2 = Varianz des Tieres

s_s^2 = Varianz der Schallung

s_e^2 = Restvarianz

Ausgewertet wurden die Daten mittels der Software SPSS für Windows Vers. 9.0.1. Der Vergleich erbrachte folgende Ergebnisse.

Es wurden Wiederholungen der Messungen von 0,99 bzw. Wiederholungen der Schallung von 0,95 erreicht.

Die Wiederholbarkeit ist somit als hoch einzuschätzen. Ähnliche Ergebnisse wurden bereits in früheren Untersuchungen von RÖSLER et al. (1996) und HARTJEN et al. (1993) erzielt.

Beziehungen zu den Schlachtkörperwerten

Für die Ermittlung der Schlachtkörperzusammensetzung am lebenden Tier ist es notwendig zu ermitteln, wie eng die Ultraschallmaße des musc. long. dorsi mit den Gewichten der wertvollen Teilstücke korrelieren. Aus diesem Grund wurden 132 Rinder nach der Schallung zu Versuchszwecken geschlachtet und zerlegt. Die Untersuchungen umfassten sowohl Korrelationen innerhalb der gesamten Stichprobe als auch innerhalb der Rassen, getrennt nach Geschlechtern. Des Weiteren wurden Korrelationen getrennt nach Gewichtsgruppen bei den männlichen Versuchstieren ermittelt.

Aufgrund der geringen Anzahl Versuchstiere und der starken Streuung innerhalb der Gruppe können die ermittelten Werte jedoch nur als Hinweis genutzt werden. Statistische Absicherung ist in diesem Fall nicht möglich. Zu diesem Zweck sind weiterführende Untersuchungen mit einem größeren Umfang an Tieren unbedingt erforderlich.

Es wurde ersichtlich, dass bei weiblichen Tieren höhere Korrelationen zwischen der Ultraschallfläche und den Schlachtkörpermerkmalen bestehen. Dies gilt sowohl für die Korrelationen zur korrespondierenden Schlachtkörperfläche als auch zu den Gewichten der wertvollen Teilstücke. Die höchsten Korrelationen werden dabei bei den männlichen Rindern zwischen der Ultraschallfläche des musc. long. dorsi und der korrespondierenden Fläche am Schlachtkörper (0,49) sowie zum Gewicht des linken Hinterviertels (0,31), dem Gewicht der Keule (0,34) und dem Anteil wertvoller Teilstücke (0,30) ermittelt. Bei den weiblichen Rindern bestehen die höchsten Korrelationen zwischen der Ultraschallfläche des musc. long. dorsi und der korrespondierenden Schlachtkörperfläche (0,77) sowie dem Gewicht des linken Hinterviertels (0,37), dem Gewicht der Keule (0,44), dem Gewicht des Roastbeefs (0,47), dem Gewicht des Filet (0,37), dem Gewicht des Bugs (0,36) sowie dem Anteil wertvoller Teilstücke (0,41).

Betrachtet man die ermittelten Werte innerhalb der Rassen wird deutlich, dass besonders bei den Rassen Deutsch Angus (0,57-0,71), Schwarzbunt (0,46-0,87) sowie Kreuzungen (0,08-0,94) mittlere bis hohe Korrelationen ermittelt werden

konnten. Fleckvieh sowie Limousin zeigen hingegen lediglich niedrige bis negative Korrelationen zu den Schlachtkörperwerten auf.

Im nachfolgenden sollen die Beziehungen zwischen Ultraschallmaßen und den am Schlachtkörper erhobenen Maßen unter Berücksichtigung der Mastendgewichte dargestellt werden. Eine Unterteilung nach einzelnen Rassen konnte jedoch aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht erfolgen.

Bei den männlichen Versuchstieren wurde deutlich, dass sowohl die Gewichtsklassen zwischen 500-600 kg (Korrelationen zwischen 0,36 bis 0,7) und die Gewichtsklassen zwischen 700-800 kg (Korrelationen zwischen 0,14 bis 0,66) mittlere bis hohe Korrelationen aufweisen. Bei einem Gewicht von 600-700 kg (Korrelationen zwischen 0,01 bis 0,43) hingegen lagen die Korrelationen auf einem sehr niedrigen Niveau. Bei den weiblichen Tieren stellt sich ein anderes Bild dar. Hier sind die Korrelationen zwischen der Ultraschallfläche des musc. long. dorsi und den wertvollen Teilstücken bei allen Gewichtsruppen vorwiegend auf einem mittleren bis hohen Niveau.

Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Ergebnissen wurde die Möglichkeit des Einsatzes von Ultraschallgeräten in der Praxis zur Feststellung der Schlachtkörperzusammensetzung am lebenden Tier ermittelt.

1. Die ultrasonographische Ermittlung der Schlachtkörperzusammensetzung ist eine relativ einfache und schnelle Messmethode, die sehr gut in den Arbeitsablauf integriert werden kann.
2. Die Feststellung von hohen Wiederholbarkeitsraten (w 0,90 bis 0,98) zwischen den einzelnen Bildern zeigt ein gutes Maß für die Messgenauigkeit des Systems. Es besteht nicht die Notwendigkeit einer Wiederholungsmessung, bei gut geschultem und erfahrenem Personal.
3. Die mittleren bis hohen Korrelationen zwischen den Ultraschallmaßen und den Gewichten einzelner Teilstücke bzw. der korrespondierenden Fläche des Schlachtkörpers besonders bei den Rassen Schwarzbunt, Deutsch Angus und den Kreuzungen lassen darauf schließen, dass eine Ermittlung der Schlachtkörperzusammensetzung am lebenden Rind möglich ist. Jedoch sind noch weitere Untersuchungen nötig, da wie bereits beschrieben der Stichprobenumfang zu gering sowie die Streuung innerhalb der Versuchsgruppe sehr hoch war.
4. Im weiteren sollten Untersuchungen zur Schätzung der Erbllichkeit der Ultraschallwerte erfolgen.
5. Durch eine Optimierung der Verfahren, können Aussagen zu qualitativen und quantitativen Merkmalen des Schlachtkörpers schon am lebenden Tier getroffen werden. Die Mastintensität und das Schlachtgewicht können dadurch verbessert werden.

Einführung der Ultraschalltechnik in die Praxis

Die Ermittlung der Körperzusammensetzung am lebenden Tier mittels Ultraschall ist ein Verfahren, welches grundsätzlich in der Eigenleistungs- und Nachkommenprüfung auf Station und im Feld eingesetzt werden kann.

Für die Messung der Rückenmuskelfläche sowie für die Fettauflage zwischen der 12./13. Rippe benötigt man ein Ultraschallmessgerät mit einem Linearschallkopf mit

einer Frequenz von 3,5 Mhz. Das Ausmessen der Flächen und Distanzen ist prinzipiell direkt am Gerät möglich. Um den Arbeitsablauf am Tier jedoch optimal und zügig zu gestalten und die Genauigkeit der Messung zu sichern ist es ratsam, die Messungen am PC vorzunehmen. Es wird neben dem Ultraschallgerät noch ein externes Speichermedium (Videorecorder) benötigt. Für die Auswertungen am PC sind eine Videokarte sowie die entsprechende Software notwendig.

Eine Zusammenarbeit mit den Landeskontrollverbänden bzw. Zuchtverbänden ist anzustreben, da durch eine Kombination der Wägungen und der Ultraschallmessungen die Arbeitsabläufe fließender gestaltet werden können.

Aus den Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen können aufgrund des Datenmaterials keine gesicherten Rückschlüsse gezogen werden. Es wurden jedoch Tendenzen deutlich, welche einen Einsatz des Systems in der Praxis grundsätzlich befürwortet.

Die Festlegung des Messgewichts wird von zwei Faktoren beeinflusst. Zum einen der Zeitpunkt der Körung, indem die Tiere beurteilt werden und zum anderen der Messgenauigkeit des Systems. Es konnten Einflüsse des Gewichts auf die Messung festgestellt werden. Die ermittelten Korrelationen zeigten, dass bei den männlichen Tieren gute Ergebnisse bei 500-600 kg bzw. 700-800 kg erreicht wurden. Für die Nutzung der Systeme in der ELP von

Fleischrindern bedeutet das, dass die Tiere mit einem Gewicht von 500-600 kg geschallt werden müssen. Weitergehende Untersuchungen sollten dazu beitragen, dass das optimale Messgewicht präzisiert werden kann.

Das Tier sollte zum Zeitpunkt der Messung fixiert sein. Am besten in einem Fangstand aber auch die Fixierung in einer Waage ist geeignet. Um einen guten Kontakt zwischen der Körperoberfläche und dem Ultraschallkopf zu erreichen, sollte das Tier an dieser Stelle geschoren werden. Die Schur ermöglicht es gleichzeitig den Arbeitsablauf (das ermitteln des Bildes) zügig zu gestalten und den Verbrauch von Gel bzw. Öl niedrig zu halten.

Der Einfluss der Messperson auf die Genauigkeit und die Schnelligkeit ist sehr hoch. Es sollten deshalb möglichst wenige, gut geschulte Personen mit den Untersuchungen betraut werden. Je nach Können und Organisation ist der Zeitaufwand pro Tier wie folgt zu veranschlagen:

Ultraschallmessung am Tier bei zwei Aufnahmen incl. Scheren ca. 5 Minuten. Sollten jedoch weitere Messungen an anderen Stellen erfolgen, muss ein höherer Zeitaufwand berücksichtigt werden. Weitere 10 bis 15 Minuten für das Aufarbeiten sowie das Ausmessen der Bilder am PC und das Erfassen der Messresultate. Insgesamt müssen 15 bis 20 Minuten pro Tier veranschlagt werden. Je nach Fähigkeiten und Routine der Messpersonen kann dieser Zeitaufwand noch verringert werden.

Kontrolle der Fleischqualität bei Schweinen mittels Messung des Py-Wertes

Schöberlein, Lore (Leipzig)¹; Altmann, Monika (Halle)

Problemstellung

Infolge der erhöhten Streßanfälligkeit besonders fleischreicher Schweine zeigen diese nach der Schlachtung vor allem in der Kotelettmuskulatur oft eine mangelhafte Qualität in Form von PSE-Fleisch (hell, weich, wäßrig). Eine qualitätsorientierte Bezahlung und Verarbeitung der Schlachtkörper (bisher nur im Rahmen spezieller Programme durchgeführt) erfordert aussagefähige Schnellmethoden zur Qualitätsermittlung. Die Py-Messung ist als solche einsetzbar. Es werden Anwendungsbedingungen sowie Ergebnisse zur Differenzierung genetischer und exogener Einflußfaktoren auf die Fleischqualität mittels der Py-Messung dargestellt.

Material und Methode

Im *M. longissimus dorsi* von 52 Schlachtkörperhälften und 192 Kotelettmuskelproben wurden zu mehreren Zeitpunkten post mortem (p. m.) Py-Messungen durchgeführt. Für die Bestimmung von Py-Grenzwerten erfolgte außerdem die Messung des pH-Wertes 45 min sowie des Dripverlustes zwischen 24 und 48 h post mortem. In einem speziellen Schlachtbetrieb Sachsens wurde mit der Py-Messung an insgesamt 2126 Schlachtkörpern der Einfluß verschiedener Faktoren wie Lieferbetrieb und Ausruhezeit auf die Fleischqualität überprüft. Die Py-Messung erfolgte mit dem Gerät Meatcheck (Sigma Electronic, Erfurt). Der Py-Wert kennzeichnet die passiv elektrischen Eigenschaften des Fleisches und bestimmt den Anteil an Zellen im Gewebe, die von einer intakten, isolierenden Membran umgeben sind. Bei PSE-Fleisch verringert sich dieser Anteil infolge einer überstürzten postmortalen Glykolyse und des schnellen Verlustes der Integrität der Zellmembranen. Der Py-Wert ist eine dimensionslose Zahl und liegt zwischen 0 und 100.

Ergebnisse

Optimaler Meßzeitpunkt und Meßstelle

Nach der Schlachtung sinken die Py-Werte durch Strukturveränderungen an den Zellmembranen ab (Abb. 1). Die Differenzierung der Qualität ist 45 min p. m. noch gering. Später erfolgt bei PSE-Fleisch ein deutlich schnellerer Abfall als bei Fleisch normaler Qualität. Eine Qualitätsbeurteilung mit dem Py-Wert sollte deshalb frühestens 3 h, besser 12 oder 24 h p. m. erfolgen. Außerdem ist auf die Einhaltung einer definierten Meßstelle zu achten, da die Meßwerte innerhalb des Koteletts variieren. Am cranialen und caudalen Ende sind die Werte niedriger als im mittleren Abschnitt. Als Standardmeßstelle für Fleischqualitätsuntersuchungen ist der Bereich 13./14. Rippe üblich. Sehr weit nach cranial oder caudal abweichende Messungen sollten vermieden werden, da der Muskelquerschnitt kleiner und die korrekte Plazierung der Elektroden damit schwieriger wird.

¹ eMail: Lore.Schoeberlein@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

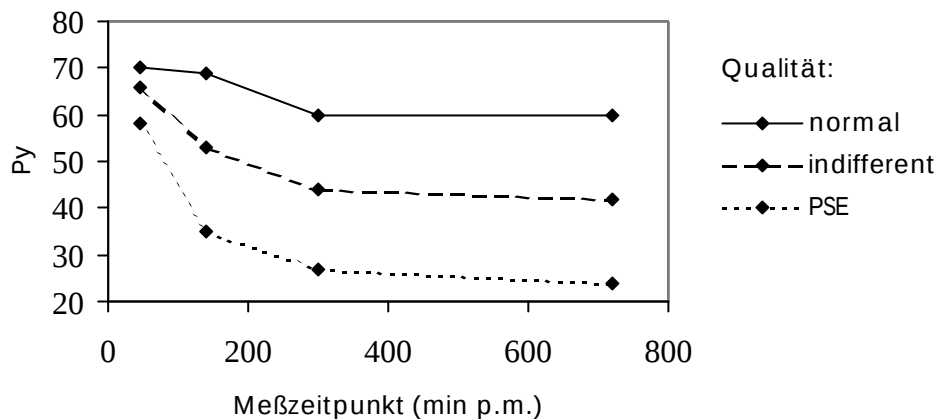


Abb. 1: Py-Werte im M. longissimus dorsi unterschiedlicher Qualität in Abhängigkeit vom eßzeitpunkt

Py-Grenzwerte

Der 3 h p. m. oder später gemessene Py-Wert korreliert eng ($r \approx 0,70$) mit dem pH-Wert 45 min p. m. und dem Dripverlust, der direkt die Wasserlässigkeit des Fleisches kennzeichnet. Bei einer Py-Messung 24 h p. m. an der Schlachthälfte sind Werte über 50 als normale Qualität anzusehen, Werte unter 30 als PSE-Fleisch (Tab. 1). Für frühzeitigere Meßzeitpunkte sind höhere Grenzwerte zugrunde zu legen. Werden Py-Messungen an Kotelettteilstücken oder am ausgelösten Muskel vorgenommen, müssen geringere Grenzwerte zur Anwendung kommen, weil infolge der mechanischen Einflüsse beim Zerlegen das Niveau der Py-Werte sinkt.

Tab. 1: Py-Grenzwerte zur Beurteilung der Fleischqualität im M. longissimus dorsi in Abhängigkeit vom Meßzeitpunkt und Zerlegungsgrad

Zeit p.m.	Zerlegungsgrad	Fleischqualität		
		normal	indifferent	PSE
5 h	Schlachtkörperhälfte	> 57	40 - 57	< 40
12 h	Schlachtkörperhälfte	> 55	35 - 55	< 35
24 h	Schlachtkörperhälfte	> 50	30 - 50	< 30
24 h	Teilstück mit Fett und Knochen	> 45	25 - 45	< 25
24 h	ausgelöster Muskel ohne Fett und Knochen	> 35	15 - 35	< 15

Py-Werte bei verschiedenen genetischen Konstruktionen

Die genetische Konstruktion der Schlachtschweine übt einen deutlichen Einfluß auf die Fleischqualität aus, die sich auch im Py-Wert widerspiegelt. Die wenig stressanfälligen Deutschen Sattelschweine (DS) wiesen mit über 70 den höchsten Wert auf, gefolgt von den Deutschen Edelschweinen (DE) und der Kreuzung DE x DL (Deutsche Landrasse). Die Rasse Pietrain (Pi), die sich durch einen besonders hohen Fleischanteil auszeichnet, erreichte den niedrigsten Py-Wert.

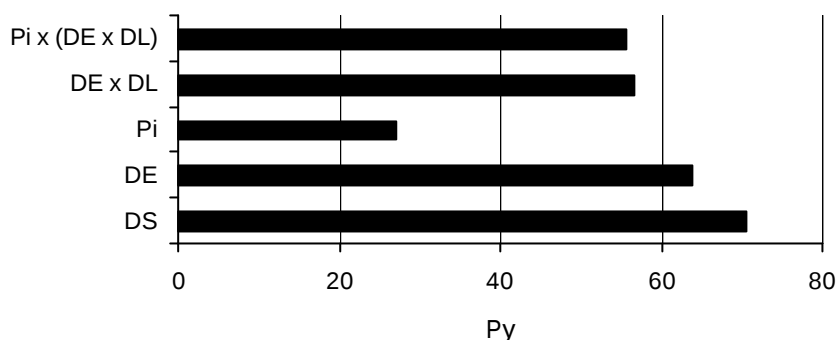


Abb. 2: Py-Werte bei verschiedenen Rassen und Kreuzungen

Anteil an Schlachtschweinen mit PSE-Fleisch aus verschiedenen Lieferbetrieben

Der über die Py-Messung ermittelte Anteil an Schlachtkörpern mit PSE-Fleisch schwankt bei vergleichbarer Ausruhezeit zwischen den Lieferbetrieben eines Schlachthofes stark (Abb. 3). Hier summieren sich hauptsächlich Einflüsse der genetischen Konstruktion, des Transportes und der Vorwartung.

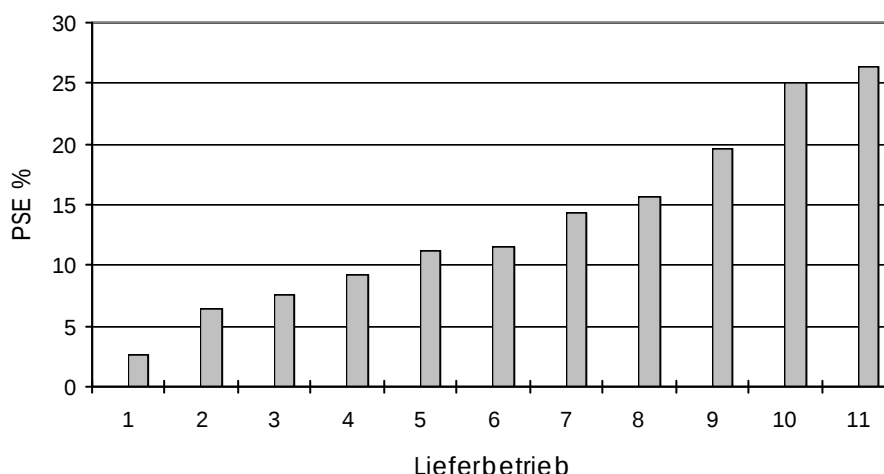


Abb. 3: Anteil an Schweinen mit PSE-Fleisch verschiedener Lieferbetriebe

Einfluß der Ausruhezeit auf den Anteil an Schweinen mit PSE-Fleisch

Werden die Schweine bereits einen Tag vor der Schlachtung angeliefert, ist der Anteil an Schweinen mit PSE-Fleisch in den meisten Fällen deutlich niedriger als bei einer Ausruhezeit von nur 1 bis 2 Stunden (Abb. 4). Im Durchschnitt der Betriebe bewirkte die zeitigere Anlieferung eine Reduzierung des Anteils von 18,4 auf 6,4 %. Eine Ausruhezeit von 1 bis 2 Stunden genügte unter den Bedingungen des hier untersuchten Schlachtbetriebes offenbar nicht, um die Transportbelastungen ausreichend zu kompensieren.

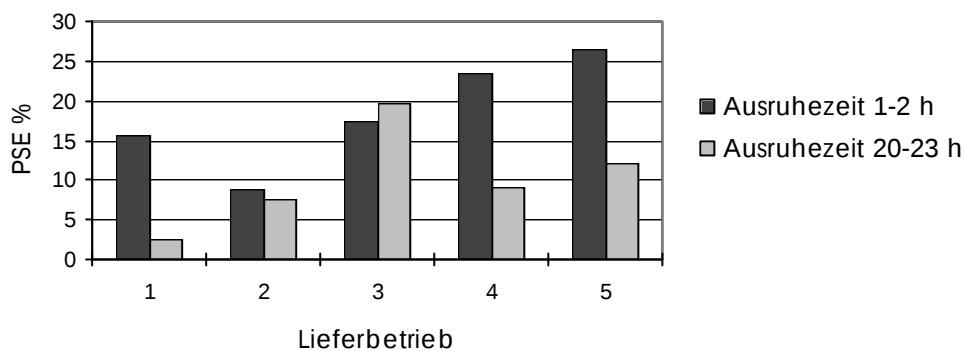


Abb. 4: Einfluß der Ausruhezeit auf den Anteil von Schweinen mit PSE-Fleisch

Vergleich des Py-Wertes mit anderen Schnellmethoden

Zur Ermittlung von PSE-Fleisch werden häufig pH- oder Leitfähigkeitsmessungen angewendet (Tab. 2). Die pH-Messung erlaubt bereits 45 min p. m. eine Qualitätsbeurteilung, doch sind ihre Handhabung und die Pflege des Gerätes aufwendiger. Leitfähigkeitsmeßwerte sind geräteabhängig und nur bedingt vergleichbar.

Tab. 2: Methodenvergleich zwischen Py-Wert, elektrischer Leitfähigkeit und pH-Wert

	Py-Wert	Leitfähigkeit	pH-Wert
Meßgröße	Anteil des Volumens intakter Zellen am Gesamtvolumen	Leitwert des Extrazellulär- und teilweise des Intrazellulärtraumes	Konzentration der H^+ -Ionen
Eignung zur PSE-Diagnostik 45 min p.m.	nur Extreme erkennbar	nur Extreme erkennbar	ja
Eignung zur PSE- und DFD-Diagnostik 24 h p.m.	PSE optimal DFD nein	PSE optimal DFD nein	PSE nein DFD ja
Elektrode	Stahlsonde	Stahlsonde	Glaselektrode, z.T. ummantelt
Verschleiß der Elektrode	unbedeutend	unbedeutend	hoch
Elektrodenpflege	einfach	einfach	aufwendig
Kalibrierung	nicht erforderlich	erforderlich	erforderlich
Abhängigkeit der Werte vom speziellen Meßgerät	keine	ja, durch Meßfrequenz und Elektrodengeometrie	keine

Schlußfolgerungen

Die Messung des Py-Wertes ist eine einfach und schnell durchzuführende Methode. Die Erzeuger- und Schlachtbetriebe erhalten damit die Möglichkeit, die Fleischqualität unter Praxisbedingungen zu beurteilen und die Qualität beeinträchtigenden Einflüsse zu erkennen sowie zu eliminieren. Darüber hinaus ließen sich die Meßergebnisse dieser Methode gut in die Preisbildung von Schlachtkörpern einbeziehen.

Sicherung der Fleischqualität im Gesamtprozess der Schweinefleischerzeugung aus Sicht der Primärproduktion

Hörügel, Klaus (Köllitsch)¹; Schöberlein, Lore

Einleitung und Problemstellung

Die Beurteilung des Lebensmittels "Fleisch" durch den Verbraucher hat seit dem 24. November 2000, dem Auftreten des ersten originären BSE-Falles in Deutschland, einen breiteren Gesichtswinkel bekommen, indem neben der Fleischbeschaffenheit im engeren Sinne der gesundheitliche Verbraucherschutz und die ordnungsgemäße Tierhaltung und Landwirtschaft allgemein eine stärkere Wichtung erfahren.

Der gesundheitliche Verbraucherschutz hat besondere Aktualität. Die wichtigsten Zoonosen wie Tuberkulose, Brucellose, Trichinellose, Bandwurmbefall u. a. sind entweder seit vielen Jahren getilgt oder nahezu lückenlos unter Kontrolle. Einen hohen Anteil an der Sicherheit des Fleischverzehres hat die ca. 100 Jahre alte amtliche Schlacht tier- und Fleischuntersuchung mit ihren strengen Reglementierungen, und die Hygiene in der Schlacht- und Verarbeitungsindustrie hat ein hohes Niveau erreicht.

In den letzten Jahren haben aber weitere lebensmittelassoziierte Gesundheitsrisiken Bedeutung erlangt, die durch die Fleischschau nicht erkannt werden können. Dabei handelt es sich sowohl um Krankheitserreger, z. B. Salmonellen, als auch um Rückstände, z. B. Antibiotika. Sie können mit den Schlachtschweinen in die Lebensmittelkette eingetragen werden und beim Menschen, wenn begünstigende Umstände zusammentreffen, zu schweren Erkrankungen führen. Ein weiterer Aspekt des Verbraucherschutzes ist die berechtigte Erwartung des Konsumenten, dass die Schlacht tier nach Möglichkeit zeitlebens, zumindest aber zum Zeitpunkt der Schlachtung gesund gewesen sind. Die Realisierung dieser Anforderung bereitet weltweit in der Schweinefleischerzeugung erhebliche Probleme, denn ein Teil der auch wirtschaftlich bedeutungsvollen Erkrankungen der Schweine heilen bis zum Mastende nicht aus und manifestieren sich noch am Schlachtkörper, z. B. die Atemwegserkrankungen, aber auch die Parasitosen, insbesondere der Spulwurmbefall. Diese Erkrankungen bzw. Erreger gefährden die Gesundheit des Menschen nicht. Sie mindern aber den Gesundheitswert und verursachen erhebliche Gesundheitsstörungen und Leistungsminderungen in der Aufzucht und Mast der Schweine

Aus diesem kurzen Abriss zur Bedeutung der Tiergesundheit für den gesundheitlichen Verbraucherschutz wird die hohe Verantwortung der Primärproduzenten deutlich. „Gesunde Lebensmittel können nur von gesunden Tieren gewonnen werden.“

Dabei verlagern sich die Schwerpunkte der Risikoerkennung zunehmend von der Endproduktkontrolle durch die Schlacht tieruntersuchung in den vorgelagerten Bereich, also in die Tierhaltung. Die Gesundheitssicherung und Kontrolle bei tierischen Lebensmitteln muss und wird sich deshalb zunehmend in den Erzeugungsprozess verlagern. Die traditionelle Fleischschau am Ende des Produktionsprozesses erfolgt im Sinne eines modernen Qualitätsmanagements zu spät, denn sie ist nicht auf Fehlervermeidung im vorangegangenen

¹ eMail: Klaus.Hoeruegel@fb08.lfl.smul.sachsen.de

Produktionsprozess, sondern auf ein Aussondern von entstandenen Produktmängeln gerichtet.

Tiergesundheit

Die Gewährleistung einer guten Tiergesundheit ist also die alleinige Aufgabe des Landwirtes und seiner Verbündeten. Unabdingbare Voraussetzung dafür sind eine gesundheitsfördernde Haltung und Fütterung einschließlich des erforderlichen Managements. Eingordnet werden die spezifischen Maßnahmen zur Erkrankungsverhütung und -bekämpfung.

Ein erfolgreiches Tiergesundheitsmanagement basiert auf zwei Säulen (Abb. 1).

Eine wesentliche Säule sind die bewährten "taktischen" produktionsbegleitenden Maßnahmen, z. B. Hygieneregime, Immunisierungen, Medikamenteneinsatz usw., die unverzichtbar sind. Die Ergebnisse sind aber nicht selten unbefriedigend, wovon man sich an Hand der Organbefundung der Schlachtschweine überzeugen kann und sollte. Es bedarf eines „strategischen“ Tiergesundheitsmanagements, der zweiten Säule, um ein hohes Tiergesundheitsniveau dauerhaft zu sichern.

Abbildung 1: Maßnahmen zur Sicherung der Tiergesundheit

Maßnahmen zur Sicherung der Tiergesundheit	
Produktionsbegleitende Maßnahmen - Taktik -	Produktionsorganisatorische Maßnahmen - Strategie -
- Schwarz-Weiß-Prinzip - Rein-Raus-Prinzip - optimale Haltung und Fütterung - Immunisierungen - gezielter Medikamenteneinsatz	Tiergesundheitsprogramme - SPF-Verfahren - Multisite-Produktion - Minimal-Disease-Programme

Die Zielstellungen bestimmen das Vorgehen.

Das Freisein des Schweinebestandes von Erregern der wirtschaftlich bedeutungsvollen infektiösen Faktorenkrankheiten, also ein **SPF-Status** (spezifisch pathogen free), ist zwar die beste Voraussetzung für ein hohes Tiergesundheitsniveau, aber nur mit sehr hohen Aufwendungen zu erreichen, mit einem hohen Reinfektionsrisiko behaftet und derzeit keine Alternative für die hiesige Schweineerzeugung.

Minimal-Disease-Programme (MD-Programme) sind darauf ausgerichtet, durch komplexe und gleichzeitige hygienische, immunologische, antiparasitäre und einmalige antibiotische Maßnahmen als Gesamtbestandsbehandlung den Erregerdruck sowohl in den Schweinen als auch in der Umwelt soweit zu senken, dass eine gesunde Aufzucht vom Ferkel bis zum Schlachtschwein gewährleistet werden kann. In einem kombinierten Schweinezucht- und Mastbestand mit 1.300 Sauen und 6.000 Mastplätzen konnten im Ergebnis eines MD-Programmes die Tierverluste um ca. 50 % gesenkt, die Schlachtkörpergesundheit erheblich und anhaltend (Tabelle 2) verbessert werden. Die Lebenstagszunahme erhöhte sich um 25 g, das entspricht ca. 5 kg höherer Mastendmasse. MD-Programme sind zur Verbesserung des Tiergesundheitsniveaus zu empfehlen.

Tabelle 2: Pathologisch-anatomische Befunde von Schlachtschweinen, geschlachtet 1,5 Jahre nach der Durchführung des MD-Programmes

	Sauen		Mastschweine	
Anzahl	112	%	161	%
Lunge o.b.B.	108	96,4	153	95,0
Pleura o.b.B.	106	94,6	143	88,8
Pericard o.b.B.	109	97,3	147	96,3
Leber o.b.B.	112	100,0	154	96,7

International gewinnt die Organisation der Schweineerzeugung nach dem Prinzip der **Multisite-Produktion** zunehmend an Bedeutung. Die Produktionsstufen Ferkelerzeugung, Aufzucht und Mast werden räumlich getrennt, um eine Unterbrechung der Infektionsketten zu erreichen. Die Ferkelaufzucht- und Mastbestände werden nach Möglichkeit im geschlossenen Rein-Raus-Prinzip bewirtschaftet. Mit drei Pilotversuchen (Tabelle 3) konnte nachgewiesen werden, dass sich die Tiergesundheit und die Zuwachseleistungen auf ein vorzügliches Niveau anheben lassen. Allein durch den Effekt der isolierten Aufzucht und Mast verbesserten sich die Tiergesundheit, über 95 % der Schlachtschweine hatten gesunde Lungen, und die Lebentagszunahmen um 80 bis 100 g. Das entspricht ca. 15 bis 20 kg höheren Mastendmassen bei gleichem Schlachtalter im Vergleich zu den Geschwistern, die konventionell aufgezogen und gemästet wurden.

Die Multisite-Produktion ist kein starres Prinzip, sondern elastisch an die spezifischen Bedingungen sowohl im Einzelbetrieb als auch in der horizontalen Erzeugerkette anpassbar. Es ist den Schweineerzeugern dringend anzuraten, dieses produktionsorganisatorische Verfahren zur Sicherung eines hohen Tiergesundheitsniveaus im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten umzusetzen.

Tabelle 3: Gesundheits- und Leistungsparameter nach isolierter Aufzucht und Mast

	Absetzalter				Einstellung Mast	
	10 Tage		20 Tage		75 Tage	
	Versuch*	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle
Schlachtkörperbefunde						
n	131	60	60	62	59	111
Lunge o.b.B.	93,9 %	43,3 %	98,3 %	29,7 %	100 %	58,6 %
Pleuritis	-	6,7 %	-	14,5 %	1,7 %	-
Pericarditis	3,1 %	1,7 %	-	3,2 %	3,4 %	0,9 %
Leistungen						
n	158	60	60	62	59	111
Schlachtalter	177	203	180	206	172	195
Mastendmasse	120,3 kg	118,8 kg	116,3 kg	114,1 kg	120,5 kg	120,0 kg
LTZ	675 g	580 g	646 g	554 g	693 g	609 g
MTZ	851 g		808 g	644 g	934 g	757 g
FA	2,67		2,78			
MFA %			53,3	55,1	50,4	53,9

* Versuch: isolierte Aufzucht und Mast

Kontrolle: Aufzucht und Mast der Geschwister im konventionellen Bestand

Fleischbeschaffenheit

Der Verbraucher erwartet zartes Fleisch mit kräftiger roter Farbe und geringem Tropfsaftverlust, guten Verarbeitungseigenschaften und einem arteigenen Geschmack der Verarbeitungsprodukte, für den ein intramuskulärer Fettgehalt von über 2 % günstig ist. Die Voraussetzungen für eine verbrauchergerechte Fleischbeschaffenheit müssen in der Primärerzeugung geschaffen werden.

Mit den verschiedenen Verfahren der Haltung und Fütterung lässt sich die Fleischbeschaffenheit nur unwesentlich beeinflussen. Die Rasse bzw. die genetische Konstruktion der Schlachtschweine hat gegenüber allen anderen Faktoren bis zu 90 % den weitaus größten Einfluss. Das steht offensichtlich in einem sehr engen Zusammenhang mit dem sogenannten MHS-Status (malignes Hyperthermie-Syndrom), der die Stressempfindlichkeit determiniert. Werden empfindliche Schweine durch den Transport und die Schlachtung zu stark belastet und in diesem Zustand geschlachtet, kommt es zum gehäuftem Auftreten des sogenannten PSE-Fleisches. Das Fleisch wird hell und weich und hat einen hohen Tropfsaftverlust, oft verbunden mit einem zu niedrigen Gehalt an intramuskulärem Fett, das für einen guten Geschmack erforderlich ist. Schlachtschweine mit dem gewünschten hohen Muskelfleischanteil haben häufig einen ungünstigen MHS-Status. Leider besteht ein Merkmalsantagonismus zu einer guten Fleischbeschaffenheit. Die Schlachtkörper sind deshalb zwar mit viel Fleisch ausgestattet, aber vermehrt mit Mängeln in der Fleischbeschaffenheit behaftet. Die Vergütung für die Schlachtschweine wird derzeit allein vom Muskelfleischanteil bestimmt, denn eine gute Fleischbeschaffenheit wird nicht honoriert. Deshalb besteht für die Schweinehalter aus dieser Sicht derzeit keine Veranlassung, den MHS-Status der Schlachtschweine zu verbessern. Allerdings sind belastungsstabile Schweine weniger krankheitsanfällig, haben die höheren Zunahmen und die Sauen die besseren Fruchtbarkeits- und Aufzuchtleistungen als stressempfindliche Tiere, so dass dennoch eine MHS-Defektgen-Sanierung angestrebt wird. Die Mutterrassen sind als reinerbig frei anzusehen. Bei den Vatterrassen, insbesondere der Rasse Pietrain, wird eine Verdrängung forciert. Die züchterischen Bemühungen, die sehr erfolgreich verlaufen, sind besonders darauf gerichtet, den hohen Fleischanteil zu erhalten und gleichzeitig die Fleischbeschaffenheit sowie die Aufzucht- und Mastleistungen zu verbessern.

Die Voraussetzungen für eine verbrauchergerechte Fleischbeschaffenheit sind deshalb ebenfalls wie für die Tiergesundheit vorrangig im Landwirtschaftsbetrieb zu schaffen. Durch schonenden Transport der Schlachtschweine, belastungsarme Schlachtung, schnelle Kühlung der Schlachtkörper und ein hohes Hygieneniveau bei der Verarbeitung bis zur Ladentheke muss eine gute Fleischbeschaffenheit erhalten werden.

Die Primärproduzenten haben also eine hohe Verantwortung für die Sicherung einer guten Fleischqualität, insbesondere für den gesundheitlichen Verbraucherschutz, für den eine gute Tiergesundheit Voraussetzung ist.

Die Maßnahmen im Landwirtschaftsbetrieb, die dafür erforderlich sind, bewirken darüber hinaus eine Verbesserung und Stabilisierung der tierischen Leistungen.

Es gibt deshalb keinen prinzipiellen Widerspruch zwischen den Anforderungen der Verbraucher an die Fleischqualität einschließlich des gesundheitlichen Verbraucherschutzes und den Interessen der Landwirte.

Die Sicherung der Fleischqualität in der Primärerzeugung erfordert eine straffe Organisation und Kontrolle, die mit der Einführung eines Qualitätsmanagementsystems (QMS) gezielt umzusetzen ist. Die beste Wirksamkeit

und Sicherheit wird durch ein durchgehendes QMS in der vertikalen Kooperation von der Futtermittelbereitstellung über die Schweineerzeugung, die Schlachtung und Verarbeitung bis zur Ladentheke erreicht. Die „gläserne Produktion“ dem Verbraucher nahe zu bringen, ist das Anliegen der **Qualität & Sicherheit GmbH**, die von allen an der Erzeugung und Vermarktung von Fleisch und Fleischwaren beteiligten Stufen, der Futtermittelwirtschaft, über Landwirtschaft und Schlachtunternehmen bis hin zu Verarbeitern und Handel sowie der CMA gegründet wurde. Es wird ein stufenübergreifendes System zur Qualitätssicherung und -kontrolle eingeführt, das Transparenz von der Geburt bis zum Handel schafft. Das Q&S-Prüfzeichen auf den Produkten wird dem Konsumenten die Gewissheit vermitteln, dass er Fleisch aus kontrollierter Erzeugung kauft, das seinen Qualitätsanforderungen entspricht.

Schlussfolgerungen

- Der Verbraucher fordert gesundheitliche Unbedenklichkeit und eine Qualität, die seine Ansprüche erfüllt.
- Er setzt eine tier- und umweltgerechte Haltung sowie eine gute Tiergesundheit voraus.
- Die Voraussetzungen dafür sind im Erzeugerbetrieb zu schaffen. Der Landwirt hat deshalb eine hohe und primäre Verantwortung für die Lebensmittelqualität.
- Es gibt keinen prinzipiellen Gegensatz zwischen den Verbraucherwünschen und den Interessen der Landwirtschaft, denn qualitätssichernde Maßnahmen erhöhen das Leistungsniveau.
- Qualitätsmanagementsysteme und "gläserne" Produktion schaffen Vertrauen.
- Die Qualitätssicherung ist durch vertikale Zusammenarbeit vom Stall bis zur Ladentheke durchgängig zu sichern.

Einfluss von Rasse/Genotyp, Kategorie und Reifung auf die Fleischqualität von Rindern

Schöberlein¹, Lore (Leipzig); Golze, Manfred (Köllitsch)

Einleitung und Problemstellung

Die Orientierung auf Qualität darf heute nicht mehr bei der Schlachtkörperqualität enden, sondern sollte die Fleischqualität einbeziehen. Im Wettbewerb um die Marktanteile gilt es zunehmend, die Verbraucher mit guter Qualität zu gewinnen.

Ein für Rindfleisch wesentliches Qualitätsmerkmal ist die Zartheit, denn zartes Fleisch erhöht den Genusswert erheblich. Zu häufig wird noch beim deutschen Rindfleisch eine unzureichende Verzehrsqualität angetroffen, die sich durch zähes Fleisch äußert und nicht zuletzt eine Folge von einer zu kurzen Reifungszeit ist.

Ziel vorliegender Untersuchungen war es, an einem erweiterten Material den Einfluss von Rasse/Genotyp, Kategorie und Reifung auf die Fleischqualität im Rahmen der sächsischen Fleischrinderzucht und Mutterkuhhaltung zu prüfen und damit einen Beitrag zur Verbesserung der Fleischqualität zu leisten.

Material und Methoden

In die Untersuchungen wurden 423 Tiere (162 Bullen, 63 Färsen, 28 Ochsen und 67 Weidemastkälber aus der Mutterkuhhaltung sowie 103 Schlachtkühe) einbezogen.

Die Säugezeit der Bullen, Färsen und Ochsen betrug etwa 8 Monate. Während der Ausmast befanden sich die Tiere in einem Laufstall auf Einstreu. Die Bullen und Ochsen der Rasse Galloway und deren Kreuzungstiere stammten aus Familienbetrieben in Sachsen.

Die Untersuchungen ausgewählter Fleischqualitätsmerkmale erfolgten am Roastbeef (*M. longissimus*).

Zur Beurteilung der Fleischqualität wurden u.a. 48 h post mortem (p.m.) der pH-Wert, Dripverlust (Tropfsaftverlust), die Farbhelligkeit (L^* -Wert), der intramuskuläre Fettgehalt (IMF) und die Scherkraft (Zartheit) bestimmt. Der Einfluss des Reifens wurde durch Ermittlung der Zartheit über Scherkraftmessungen mittels WARNER-BRATZLER-SCHERE 2 und 16 Tage p.m. untersucht. Für die Fleischreifung wurde eine 2,5 cm dicke Fleischscheibe vakuumverpackt und 14 d bei 2 °C gelagert. Niedrige Scherkraftwerte ($\leq 4,0$ kg) bedeuten zartes Fleisch und hohe Werte zähes Fleisch.

Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt die Mittelwerte der Untersuchungsergebnisse von Bullen, Färsen und Kühen. Obgleich aus Platzgründen die für Weidemastkälber und Ochsen ermittelten Ergebnisse hier nicht dargestellt werden können, erfolgt ihre Berücksichtigung im Text.

Die pH-Werte 2 Tage p.m. lassen erkennen, dass das Fleisch im Wesentlichen normal säuerte. Lediglich bei 7 Schlachtkörpern (2 Bullen, 2 Kühe, 3 Kälber) wurde DFD-Fleisch (End-pH-Wert $> 6,0$) nachgewiesen. Dieses Fleisch ist für die Reifung nicht geeignet, da es sich in der Farbe, Haltbarkeit, im Biss und Geschmack negativ verändert.

Der Dripverlust (Tropfsaftverlust) variierte im Mittel zwischen 0,7 und 3,3 %.

¹ eMail: Lore Schoeberlein@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

Deutliche Unterschiede gab es im IMF zwischen den Kategorien. Die Mittelwerte betrugen bei Kälbern 0,5-1,0 %, Bullen 0,6 – 2,0 %, Ochsen 0,7 – 2,3 %, Färsen 1,5 – 3,0 % und Kühe 1,9 – 5,1 %.

Die Farbhelligkeit (L*-Wert) bewegte sich bei Kalbfleisch von Weidemastkälbern zwischen 33,8 und 36,6, bei Bullen, Ochsen und Färsen zwischen 30,9 und 34,4 % und bei Kühen zwischen 29,6 und 31,0 %, d.h. das Fleisch wird mit zunehmendem Alter der Tiere dunkler.

Die Scherkraft als Ausdruck der Zartheit des Fleisches erreichte bei frischem Fleisch Mittelwerte von 4,8 bis 8,3 kg, beim gereiften Fleisch dagegen nur von 2,9 – 5,2 kg. Die Werte zeigen deutlich, dass bei allen Kategorien und Rassen/Genotypen durch die Reifung eine Verbesserung der Zartheit im Mittel um 25 – 50 % (Scherkraftreduzierung um 1,8 bis 3,8 kg) eintrat.

Bullen

Den Einfluss der Reifung auf die Zartheit des Fleisches von verschiedenen Rassen veranschaulicht Tabelle 1. Das Untersuchungsmaterial bringt zum Ausdruck, dass die Rasse Fleckvieh die höchsten Scherkraftwerte sowohl bei frischem als auch gereiftem Fleisch zu verzeichnen hat. Das Fleisch der Rasse Schwarzbunt führte ebenfalls zu hohen Werten, doch sind diese Ergebnisse aufgrund der geringen Stichprobe unter Vorbehalt zu sehen. Auch das Fleisch der Galloway ergab hohe Scherkraftwerte. Hier dürften sich die extensive Haltung und das höhere Schlachalter sowie der niedrige IMF (0,6 %) nachteilig ausgewirkt haben. Bei der Rasse Blonde d'Aquitaine wurden bisher nur 5 Tiere analysiert, die sämtlich unzureichende Scherkraftwerte auswiesen. Bei den vorstehend genannten Rassen ließ sich also die Zartheit des Fleisches durch die 14tägige Reifungszeit im Durchschnitt noch nicht auf optimale Werte verbessern, so dass der Einfluss einer noch etwas längeren Reifungsdauer zu untersuchen ist. Das Fleisch der Rassen Deutsche Angus einschließlich Kreuzungstiere sowie der Kreuzungen mit Charolais erlangte nach der Reifungszeit von 2 Wochen eine ausreichende Zartheit. Hier lag vor allem bei den Kreuzungstieren ein höherer IMF (1,9 %) vor.

Besonders interessant ist der Befund, dass die Kreuzungstiere Galloway x F1 16 d p.m. die gewünschte Zartheit bei 80 % der Proben erreichten. Diese Tiere besaßen gegenüber der bereits beschriebenen Stichprobe von der Rasse Galloway ein niedrigeres Schlachalter bei gleichem Mastendgewicht und einem höheren Intramuskulären Fettgehalt.

Die Proben der Rassen Charolais und Hereford erlangten nach 14-tägiger Reifungsdauer zu ca. 70 % und von Limousin zu 40 % die erstrebenswerte Zartheit.

Färsen

Das Fleisch der Färsen aus der extensiven Mast ließ sich bezüglich seiner Zartheit durch die Reifung ebenfalls verbessern, doch wurde bei den Genotypen Limousin x F1 sowie Rassen Fleckvieh und Limousin 16 d p.m. noch keine optimale Qualität erzielt. Eine längere Reifungsdauer würde die Anforderungen an die Zartheit erfüllen helfen. Dagegen erreichten die Fleischproben von Deutsche Angus und deren Kreuzungstieren ein hohes Zartheitsniveau.

Kühe

Die Fleischproben der Schlachtkühe von der Rasse Deutsche Angus erlangten zu 79 %, Limousin und Fleckvieh x Schwarzbunt zu 62 % sowie Fleckvieh zu 50 % die gewünschte Zartheit. Auch in diesem Fall würde eine Verlängerung der Reifungszeit den Genusswert des Rindfleisches weiter anheben.

Ochsen

Die untersuchten Weidemastochsen der verschiedenen Genotypen wurden im Alter von 18 bis 23 Monaten geschlachtet. Zwei Drittel der Proben von Galloway und Deutsche Angus x F1 entsprachen nach der Reifung von 14 Tagen den Forderungen für Qualitätsfleisch. Hier wirkte sich auch der höhere Fettgehalt positiv auf die Zartheit aus. Bei den Limousin-Kreuzungstieren, die niedrigere IMF ($\leq 1,0$) aufwiesen, führte die Reifungszeit von 14 Tagen nur in 40 % bzw. 25 % der Fälle zu zartem Fleisch.

Weidemastkälber

Das Fleisch der geprüften Kälber aus der Mutterkuhhaltung brachte im frischen Zustand hohe Scherkraftwerte und konnte erst durch eine 14tägige Reifung bei Deutsche Angus und deren Kreuzungstieren wesentlich verbessert werden. Die Proben von Limousin und Limousin x F1 mit einem IMF von 0,5 % erreichten nur zu 30 % die gewünschte Zartheit, so dass auch hier die Reifungszeit verlängert werden sollte.

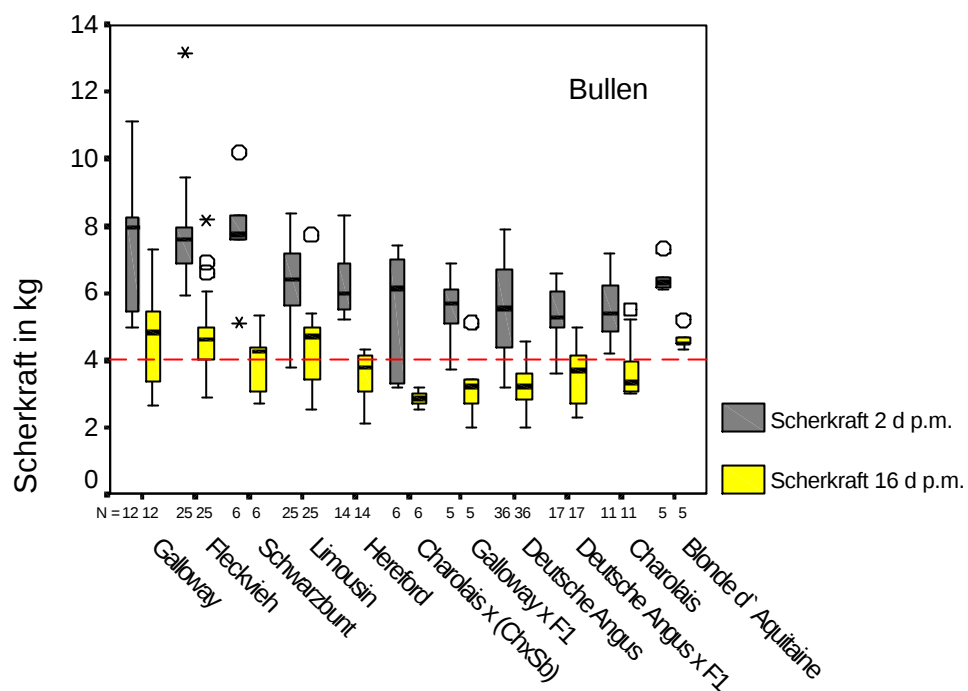
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Insgesamt betrachtet kann die Qualität des Rindfleisches, insbesondere die Zartheit der verschiedenen Rassen/Genotypen und Kategorien durch die Haltungs- und Fütterungsbedingungen, die Mastintensität, das Schlachtagter und Mastendgewicht, die prä- und postmortalen Faktoren und generell durch die Fleischreifung beeinflusst werden.

Durch eine 14tägige Reifung des Fleisches unter Beachtung einer hygienischen Fleischgewinnung, Vakuumverpackung und Einhaltung der Kühlkette wurden bei allen Rassen und Genotypen sowie Kategorien niedrigere Scherkraftwerte erreicht, d.h. gereiftes Fleisch ist zarter.

In den durchgeführten Untersuchungen wurden bei der Rasse Fleckvieh die höchsten Scherkraftwerte ermittelt, d.h. das Fleisch war zäher. Dagegen zeichnete sich die Rasse Deutsche Angus durch zartes Fleisch aus.

Aus den Ergebnissen läßt sich schlußfolgern, dass das Fleisch von Rassen/Genotypen mit unbefriedigenden Scherkraftwerten durch eine verlängerte Reifungszeit in seiner Zartheit und damit auch im Genusswert verbessert werden sollte.



Genotyp

Abb. 1: Scherkräftergebnisse (Zartheit) von frischem und gereiftem Fleisch von Bullen verschiedener Rassen/ Genotypen

Tab. 1: Mittelwerte von Schlachtdaten und Fleischqualitätsmerkmalen der Kategorien Bullen, Färsen und Kühe verschiedener Rassen bzw. Genotypen

Genotyp/Rasse	n	Schlachtdaten		Fleischqualitätsmerkmale						
				2 Tage post mortem					16 Tage post mortem	
		Schlacht- alter (Tage)	Mastend- gewicht kg	pH-Wert	Dripverlust %	Farbhellig- keit L*-Wert	Intramuskul. Fettgehalt %	Zartheit (Scherkraft) kg	Zartheit (Scherkraft)k g	Scherkraft Abnahme kg
<i>Bullen</i>										
Fleckvieh	25	467	629	5,6	2,1	33,6	1,2	7,8	4,8	3,0
Galloway	12	860	518	5,6	0,7	31,7	0,6	7,3	4,6	2,7
Schwarzbunt	6	446	518	5,6	1,0	33,7	2,0	7,8	4,0	3,8
Limousin	25	518	596	5,5	3,0	34,2	0,8	6,3	4,3	2,0
Hereford	14	413	558	5,6	1,9	34,4	1,6	6,3	3,5	2,7
Charolais x (Ch x Sb)	6	560	676	5,5	1,6	31,6	1,9	5,5	2,8	2,7
Galloway x F1	5	739	518	5,5	1,4	32,5	1,2	5,5	3,3	2,2
Deutsche Angus	36	488	608	5,5	2,4	33,6	1,9	5,5	3,2	2,3
Deutsche Angus x F1	17	456	646	5,5	1,9	32,9	1,9	5,4	3,6	1,8
Charolais	11	551	699	5,6	1,8	34,2	1,0	5,5	3,7	1,8
Blonde d` Aquitaine	5	528	606	5,5	2,0	33,4	1,4	6,3	3,9	2,4
<i>Färsen</i>										
Fleckvieh	17	582	519	5,5	2,2	32,1	1,9	6,8	4,4	2,4
Limousin x F1	4	519	514	5,5	2,0	34,1	1,6	7,1	5,2	1,9
Deutsche Angus x F1	11	439	474	5,6	1,8	33,4	2,8	5,3	3,2	2,1
Deutsche Angus	16	526	455	5,5	2,6	33,0	3,0	4,8	2,9	1,9
Limousin	15	583	432	5,5	3,0	33,0	1,5	6,0	3,9	2,1
<i>Kühe</i>										
Fleckvieh x Schw.b.	29	2079	710	5,6	1,3	30,5	3,7	5,8	3,9	1,9
Fleckvieh	29	2041	753	5,6	1,4	30,7	3,0	6,3	4,4	1,9
Limousin	16	2242	624	5,5	2,4	29,6	1,9	5,7	3,6	2,1
Deutsche Angus	29	2226	687	5,5	1,6	31,0	5,1	5,6	3,6	2,0

Fv = Fleckvieh

F1 = Fleckvieh x Schwarzbunt Ch x Sb = Charolais x Schwarzbunt

Verfahren zur Bestimmung der Gewichtsanteile von Ausgangserzeugnissen in Mischfuttermitteln

Leitner, Peter-Jürgen, Dr.agr., Chemnitz¹

Die Ausgangserzeugnisse von Mischfuttermitteln für Nutztiere sind bisher nach Futtermittelverordnung § 13 Abschnitt 2 Punkt 1 auf der Mischfutter-Deklaration in absteigender Reihenfolge ihrer Gewichtsanteile zu nennen, ohne die tatsächlichen Prozentanteile aufzuführen.

Im Interesse einer höheren Futtermittel-Sicherheit sind jedoch künftig, nach EU-Richtlinie 2002/2/EG vom 28. 1. 2002, ab 11/ 2003 die Gewichtsanteile der Ausgangserzeugnisse von Mischfuttermitteln für Nutztiere auf den Deklarationen nach Wunsch genau aufzuführen. Diese Angaben sind regelmäßig zu kontrollieren, wobei eine Toleranz von 15 % eingeräumt wurde.

Bisher wird zur Messung der Gewichtsanteile im Mischfutter die gravimetrische Methode mit Wägung der unter dem Mikroskop nach Ausgangserzeugnissen sortierten grösseren Futterpartikel praktiziert.

Für den in 2003 zu erwartenden hohen Kontrollumfang wurde daher nach einem effektiven Verfahren gesucht. Die angebotenen Genanalysen sind aufgrund eines Preises von über 1.000,- € pro Mischfutterprobe hierfür nicht relevant. Versuche mit einem Farbanalysesystem führten zu starken Überlappungen zwischen den Ausgangserzeugnissen und zu ungenauen Ergebnissen.

Dagegen sind die Erprobungen zur Gewichtsbestimmung über digitale Bearbeitung des Mikroskopbildes erfolgreich. Dieses Verfahren besteht in folgenden 6 Schritten:

1 Probenvorbereitung:

Es wird eine sog. Mischfutter-Endprobe zur Analyse angenommen. Pellets werden durch Aufschwemmen aufgelöst. Das lufttrockene Gut wird langsam zur repräsentativen Probe gemischt.

2 Identifizierung:

Es werden sämtliche Futterpartikel futtermittelkundlich unter dem Stereomikroskop, ggf. ergänzt per Durchlichtmikroskop, nach Ausgangserzeugnissen identifiziert. Der Melasseanteil kann durch Farbvergleich von Filtraten bestimmt werden.

3 Flächenmessung:

Eine Digitalkamera mit ≥ 5 Mio Pixel und Macro 20 mmm, über einen Adapter mit Randgenauigkeit auf dem Stereomikroskop aufgesetzt, überträgt das mikroskopische Bild auf einen Farbmonitor von $\geq 17''$. Aufgrund der Probenvorbereitung entspricht dieses Schlibbild in jeder Mikroskopebene der tatsächlichen Zusammensetzung der Probe bei der gewährten Toleranz.

Auf diesem Monitorbild werden über eine spezielle Software:

- die Futterpartikel durch farbiges Umranden nach Ausgangserzeugnissen gekennzeichnet,
- die einzelnen Partikelflächen (Area) in Pixel gemessen,
- die Partikelflächen nach den einzelnen identifizierten Ausgangserzeugnissen summiert,

¹ eMail: peter_leitner@hotmail.com

- die Anteile dieser Flächensummen je Ausgangserzeugnis am Gesamt-Monitorbild (Σ Area) als

Flächenanteil A_o in Prozent ausgewiesen:

$$\text{Area (Pixel)} \times 100 : \Sigma \text{ Area (Pixel)} = A_o (\%).$$

4 Wichtung:

Der Gewichtsanteil (A_g) der Ausgangserzeugnisse wird durch mathematisches Wichten der Flächenanteile A_o mit dem spezifischen Gewicht (W_E) des betreffenden Ausgangserzeugnisses bestimmt. Dazu werden per Software für jedes Ausgangserzeugnis das Produkt (P) aus A_o und W_E berechnet, die Summe der Produkte P berechnet sowie nach Formel die Gewichtsanteile der einzelnen Ausgangserzeugnisse in Prozent wie folgt ausgewiesen:

$$\text{Wichte Ausgangserzeugnis } (W_E) = g / l$$

$$A_o \times W_E = P$$

$$P \times 100 : \Sigma P = A_g (\%)$$

5 Digitalfotografie:

Das auf dem Monitor erstellt mikroskopische Bild der gekennzeichneten Futterpartikel wird in hoher Auflösung per Thermosublimationsfototechnik auf Spezialpapier gebracht. Die digitalen Fotos dienen als Anlage zum Untersuchungsattest der Beweissicherung und einer sofortigen Reproduzierbarkeit.

6 Auswertung:

Das Untersuchungsergebnis stellt die Gewichtsanteile dar und ermöglicht so auch die Überprüfung bzw. Bestätigung von Deklarationsangaben zur Zusammensetzung. Unter Beachtung der gegebenen Toleranz wird zu jedem Ausgangserzeugnis sowie zur Mischfutterprobe insgesamt die klare Aussage getroffen: „Deklaration eingehalten“ oder „Deklaration nicht eingehalten“.

Das Attest mit Anlage Foto geht zum Auftraggeber.

Es wurde folgendes Anwendungsbeispiel ausgeführt:

Eine Probe Milchleistungsfutter wurde nach (1) vorbereitet. Die Identifizierung der Partikel unter dem Mikroskop erbrachte 8 Ausgangserzeugnisse. Auf dem Monitor wurden die Partikel per Software nach diesen Komponenten verschiedenfarbig umrandet, gleichzeitig vermessen und die Gewichtsanteile der Ausgangserzeugnisse wie o. g. berechnet.

Eine Zusammenfassung des Anwendungsbeispiels siehe Tabelle.

Tabelle: Anwendungsbeispiel Milchleistungsfutter (Leitner und Carl Zeiss Jena GmbH 5. 8. 02)

Ausgangs- erzeugnis	Fläche Area T Pixel	Flächen- anteil A_0 %	Wichte W_E g/l	Produkt P $A_0 \times W_E$	Gewichts- anteil A_g %	Deklaration + Toleranz %	Deklaration Einhaltung
Gerstenschrot	287.7	39,5	610	24.095	43,8	40 34,0 - 46,0	Eingehalten
Rapsextrakt.	168.2	23,1	560	12.936	23,5	22 18,7 - 25,3	Eingehalten
	101.5	13,9	450	6.255	11,5	12 10,2 - 13,8	Eingehalten
Weizenkleberf.	86.0	11,8	260	3.068	5,6	12 10,2 - 13,8	Nein
Weizenkleie	38.3	5,3	740	3.922	7,1	7 6,0 - 8,0	Eingehalten
Palmkernexp.	25.6	3,5	600	2.100	3,8	4 3,4 - 4,6	Eingehalten
Sojaextrakt.	14.0	1,9	1.100	2.090	3,8	2 1,7 - 2,3	Nein
Futterkalk	6.8	1,0	490	490	0,9	1 0,8 - 1,2	eingehalten
Vormischung							
Summe	728.1	100	550	54.956	100	100 85,0-115,0	Nein

Als Anlage zu dem Untersuchungsergebnis wurde ein Digitalfoto des Monitorbildes mit kennzeichneten und vermessenen Partikeln beigelegt.

Folgende **Vorteile** bietet das dargestellte Verfahren zur Gewichtsbestimmung von Ausgangserzeugnissen in Mischfuttermitteln gegenüber der bisher praktizierten Methode:

- 1 Das Verfahren unter Nutzung der Digital- und Computertechnik reduziert die manuelle Arbeit unter dem Mikroskop erheblich. Es ist damit weniger zeitaufwändig.
- 2 Es werden nahezu sämtliche Partikel unter dem Mikroskop analysiert. Es erfolgt keine Aussiebung von Feinpartikeln vor der Gewichtsbestimmung. Damit erhöht sich die Genauigkeit der Durchführung.
- 3 Die digitale Speicherung der mikroskopischen Bilder und Ergebnisse ermöglicht eine sofortige Reproduktion der Ergebnisse und sichert so die Beweiskraft.
- 4 Es wird ein weltweiter Austausch dieser digitalisierten Informationen ermöglicht. Dadurch verkürzt sich die Zeitspanne zur Einflussnahme auf Produktion und Sicherheit der Mischfutter.
- 5 Das Verfahren ist in der Summe der Vorteile effizienter.
Es ist nutzbar durch die Mischfutterindustrie zur Eigenkontrolle der Produktion sowie durch die mit Kontrollen nach EU-Richtlinie beauftragten Labore für eine höhere Futtermittelsicherheit.

Es werden zum Verfahren **angeboten**:

- Teilnahme an Ringuntersuchungen zu Mischfuttermitteln und

-
- Vorstellung des Verfahrens zur Tagung der Internationalen Arbeitsgruppe, wie
avisiert.
 - Untersuchung von Mischfutterproben nach diesem Verfahren in Vorbereitung auf
die umfangreichen Analysen ab 11/2003.
 - Komplexes Angebot zur technischen und futtermittelkundlichen Schulung sowie
Bereitsstellung aller Technik und Software dieses patentrechtlich geschützten
Verfahrens.



Das Kommunikationsprojekt www.sachsen-geniessen-fleisch.de

Wegener, Leipzig¹

Grundanliegen des Projektes ist es, das Vertrauen in die Lebensmittelqualität beim Verbraucher beim Kauf und Verzehr von Fleisch und Fleischerzeugnissen wiederherzustellen bzw. zu verbessern. Je anonym und globalisierter die Ernährungswirtschaft ist, desto schwieriger ist es für den Verbraucher die Übersicht über das Lebensmittelangebot zu behalten bzw. zu erhalten.

Um das Ziel der objektiven Information der Verbraucher zu erreichen, sieht die Konzeption des Projektes vor, sich bestimmter **Mittler** zu bedienen. Für Ernährungsberater, Lehrer, Landwirte, Fleischer, Köche oder Fachjournalisten gleichermaßen sind verschiedene Medien erarbeitet worden. Mit den Medien des Projektes bieten wir fachliche Unterstützung und Anleitung, damit eine vollständige Betrachtung der Nahrungsmittelkette im Sinne des Prinzips „Vom Stall bis zum Teller“ gewährleistet werden kann.

Wir fordern auf nach dem Motto: „Klasse statt Masse“, Fleisch gezielt auszuwählen und gesundheitsbewusst zuzubereiten. Die Informationen sollen Verbrauchern Lust machen auf Qualitätsfleisch aus der Region und sollen Landwirte, Fleischer und andere Verarbeiter sowie Händler und Gastwirte ermutigen, an diesen Maßnahmen teilzunehmen und Qualitätsfleisch herzustellen und zu vertreiben.

Welche Inhalte werden behandelt?

Studien haben ergeben, dass sächsische Verbraucher besonderes Interesse an den Themenschwerpunkten „Essenzubereitung“, „Herkunft und Kontrolle von Lebensmitteln“ sowie „Schadstoffe und Rückstände in Lebensmitteln“ haben. Verbraucher sind also vor allem an praktischen und alltagsrelevanten Themen aber auch Themen, die sich aus ihrem Bedürfnis nach Sicherheit ergeben interessiert. Alle entwickelten Medien des Projektes bieten Aussagen dazu an. Darüber hinaus werden den Mittlerkräften gesicherte Hintergrundinformationen gegeben, damit diese sicher und glaubwürdig die Verbraucher informieren können.

Von der Tierhaltung in Sachsen, über Qualitätskriterien und -prüfungen des Fleisches bis hin zur Zubereitung im Haushalt ist der Bogen gespannt, um umfassend den großen Themenkomplex darzustellen. Es wird darauf eingegangen, wie die bewusste Ernährung mit Fleisch aussehen kann, was in Sachen Hygiene bei der Verwendung von Fleisch beachtet werden soll und wie die Produktkennzeichnung aussehen muss.

¹ eMail: b.wegener-dge.sachsen@t-online.de

Wer arbeitet im Projekt zusammen?

Das Projekt wird von der Sektion Sachsen der DGE koordiniert. Die Projektarbeit erfolgt mit Förderung und in Zusammenarbeit mit dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL), Dresden und der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Dresden-Pillnitz sowie in Zusammenarbeit mit der CMA Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH, Bonn. Ein Expertenteam verschiedener Fachrichtungen und meinungsbildender Institutionen in Sachsen stellt sein Wissen für dieses Projekt zur Verfügung. Zum Expertenteam zählen außerdem die IKK Sachsen, das Regierungspräsidium Chemnitz, die Verbraucherzentrale Sachsen e.V. und der Sächsische Fleischer-Innungs-Verband.

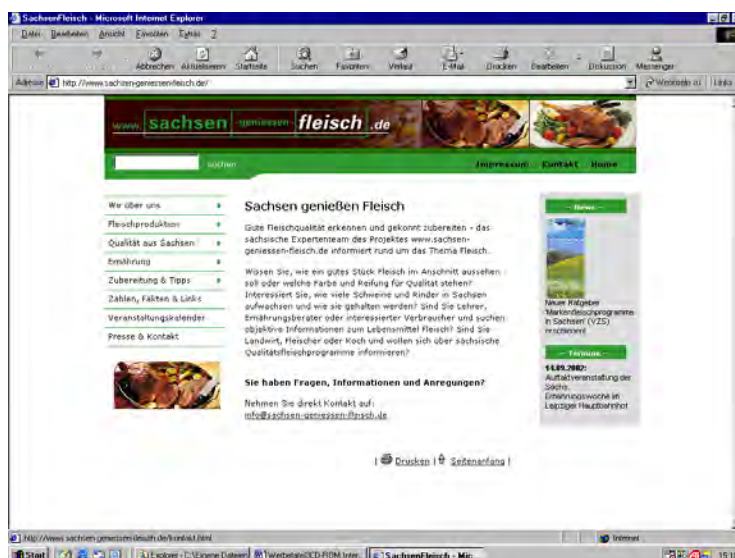
Die Medien des Projektes

Die Medien des Projekts setzen sich zusammen aus

Faltblättern

Projekt-Poster

Internet und CD-ROM.



Die Faltblätter informieren unter den Titeln

„Gute Fleischqualität – sofort erkannt!“

„Gut ernährt mit Fleisch und Wurst!“

„So wird Fleisch erzeugt und verarbeitet!“ und

„Aus der Vielfalt von Fleisch und Wurst bewusst auswählen“.

Ein fünftes Faltblatt, welches die Qualitätszeichen aus Sachsen und Deutschland thematisiert erscheint im Herbst.



Einen besonderen Stellenwert nimmt der Internetauftritt zum Projekt ein. Das Sächsische Expertenteam des Projektes www.sachsen-genieessen-fleisch.de stellt sein Fachwissen im Internet zur Verfügung. „Wir wollen auf diesem Wege sachlich und ausgewogen informieren, aufklären und bieten damit ein Stück Verbraucherschutz im Internet“, sagte der sächsische Umwelt- und Landwirtschaftsminister Steffen Flath anlässlich des Internetstarts am 12.04.2002. Die Plattform stellt nicht nur Daten und Fakten zu Fleischqualität, -produktion, -verarbeitung, Ernährung, Qualitätsprogrammen und Spezialitäten zusammen. Die Internetnutzer können sich mit ihren Fragen auch direkt an Fachleute wenden. Unter der Adresse info@sachsen-genieessen-fleisch.de stehen die Experten Rede und Antwort.

Das umfangreichste und praktischste Medium ist mit Abstand der Foliensatz auf CD-ROM. Diese Sammlung von 38 Folien mit umfangreichen Hintergrundinformationen, Arbeitsblättern sowie 5 Videos aus dem Bereich der Tierproduktion und Fotos stellt ein bisher einzigartiges Kompendium zur Thematik Fleisch und Fleischerzeugnisse dar.

Fachinformationen helfen insbesondere Mittlern dieses Thema fundiert und sicher aufzubereiten und für Vorträge oder moderierte Ausstellungen zu nutzen. Der Foliensatz wendet sich an Fach-, Lehr- und Beratungskräfte. Er eignet sich für die Vorbereitung und den Einsatz im Unterricht an Berufsschulen z. B. für das Hotel- u. Gaststättengewerbe, Verkäufer, Köche, Diätassistenten, oder Hauswirtschaftler, für die Vorbereitung und den Einsatz im Unterricht, z. B. an Mittelschulen mit hauswirtschaftlichem Profil und Gymnasien sowie als Beratungsgrundlage, z. B. für Landwirtschaftsämter, Gesundheitsämter oder Krankenkassen. Durch die umfangreichen multimedial aufbereiteten Informationen ist diese CD-ROM gut geeignet zum Selbststudium für Auszubildende. Nicht zuletzt ist die CD-ROM für den interessierten Verbraucher für viele seiner Fragen eine Fundgrube. Dies gelingt, da Fachinformationen und verbraucherbezogene Verständlichkeit nicht auseinanderfallen.

Die Folien können vielfältig genutzt werden. Die eleganteste Nutzung ist die Präsentation mittels Beamer und Computer. Selbstverständlich bieten die Folien auch ausgedruckt eine gute traditionelle Vortragsgrundlage. Weiterhin können alle Texte, Grafiken oder Tabellen kopiert und individuell weiterverarbeitet werden. Das Programm bietet eine Volltextsuche und besticht durch einfache Navigation zwischen den Folien und allen Hintergrundseiten. Für die Aktualisierung der Daten ist

besonders erwähnenswert, dass durch die Verknüpfung zur eigenen web-site die CD „immer auf dem Laufenden“ sein wird. Schon selbstverständlich erscheint die Verknüpfung zu wichtigen weiteren Web-Adressen.

Die Umsetzung des Projektes

Das Projekt konnte in besonderer Weise in Sachsen bekannt gemacht werden. Zahlreiche Veranstaltungen wurden mit einem Informationsstand begleitet, da ein befristete Teilzeitstelle 2002 zur Organisation und Durchführung der Veranstaltungen im Projekt inbegriffen war. Dadurch wurde gewährleistet, dass die Inhalte, die das Projekt vermitteln will, direkt zu Fachpersonal und Verbrauchern gelangten und die Medien des Projektes zielgerichtet und kommentiert abgegeben wurden. Die Besucher der Veranstaltungen konnten sich direkt vor Ort informieren, Experten treffen oder Unterstützung für eigene Veranstaltungen bekommen. Termine für diese Veranstaltungen sind im Internet aktuell jedem zugänglich.

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE), Sektion Sachsen
Friedrich-Ebert-Str. 33, 04109 Leipzig
Telefon 0341 / 7 11 12 90, Telefax 0341 / 7 11 12 91
e-mail: b.wegener-dge.sachsen@t-online.de

Wirkung von Waidextrakten auf *Fusarium culmorum* in vitro

Pfannmöller, Monika; Förster, Karin; Diepenbrock, Wulf (Halle/Saale)

Die Verwendung von Pflanzenextrakten zur Bekämpfung samenübertragbarer Krankheiten des Getreides stellt eine Alternative zur herkömmlichen Beizung dar. Extrakte des Färberwaides *Isatis tinctoria* L. sollen auf ihre Wirkung gegenüber dem Erreger der Partiellen Weißährrigkeit des Getreides *Fusarium culmorum* (W. G. Sm.) Sacc. getestet werden. Die Wirkungsprüfung erfolgt im Labor an Myzel und Makrokonidien von *Fusarium culmorum*.

Blätter des Färberwaides werden drei Tage unter definierten Bedingungen fermentiert. Aus dem erhaltenen Extrakt wird Waidagar hergestellt, indem Potato-Dextrose-Agar mit unterschiedlichen Anteilen von Waidextrakt versetzt und autoklaviert wird. Getestet werden Waidkonzentrationen zwischen 1 und 10 %. Auf diesen Waidagar werden Myzelstücke oder Konidiensuspensionen von *F. culmorum* aufgebracht und die Pilzentwicklung nach zweitägiger Inkubation bei 20 °C anhand des Koloniedurchmessers bestimmt. Das Myzelwachstum wird mit der Kontrolle auf PDA bzw. Waidagar aus unfermentiertem Waidextrakt verglichen.

Zur Ermittlung der für die Keimhemmung der Konidien notwendigen Konzentration und Einwirkdauer werden die sterilisierten Pflanzenextrakte in 5 Konzentrationsstufen in Multiwellschalen gegeben und *F. culmorum* (ca. 10^5 Konidien/ml) zugesetzt. Nach Einwirkzeiten von 1 bis zu 24 Stunden werden je Lösung 20 µl entnommen und auf herkömmlichen Potato-Dextrose-Agar pipettiert. Das Auskeimen der Konidien wird nach 1 Tag unter dem Mikroskop bei 100-facher Vergrößerung bonitiert oder nach 2 Tagen das Koloniewachstum gemessen.

Die Untersuchungen auf Waidagar ergaben, dass fermentierter Extrakt des Färberwaides das Myzelwachstum und die Konidienkeimung von *Fusarium culmorum* verringert. Das Myzelwachstum und die Konidienkeimung nehmen in gleichem Maße mit steigender Waidkonzentration ab und werden ab 5 % Waidanteil im Nährmedium völlig unterbunden. Unfermentierter Waidextrakt ist zu dieser starken Hemmung nicht in der Lage. Die Versuchsgenauigkeit wird durch das Aufpipettieren von Konidiensuspensionen des Pilzes auf den Waidagar erhöht.

Die Tests in Multiwellschalen zeigten, dass mit zunehmender Dauer der Einwirkzeit und steigender Waidkonzentration die Konidienkeimung gehemmt wird. Bei 9 % Waidanteil im Extrakt wird nach 12 Stunden Einwirkzeit der Koloniedurchmesser auf 42 % verringert, während nach 24 Stunden kein Myzelwachstum mehr zu verzeichnen ist. Die Hemmung ist nicht reversibel, wie ein Verdünnen der Lösungen mit Wasser nach der entsprechenden Einwirkzeit ergab.

Der Vergleich beider Methoden ergibt bei gleichen Waidkonzentrationen eine stärkere Hemmung der Konidienkeimung auf Waidagar im Vergleich zur Methode in Multiwellschalen, da auf dem Waidagar die Nachlieferung des Waidextrakts kontinuierlich erfolgt. Für ein Screening von Extrakten ist der Test in

Multiwellschalen am Modell der Konidien von *F. culmorum* empfehlenswert, da nur geringe Extraktmengen benötigt werden, ein großer Probendurchsatz möglich ist und die Auswertung nach ein bis zwei Tagen erfolgen kann.

Es kann eingeschätzt werden, dass fermentierte Extrakte des Färberwaides in vitro sowohl das Myzelwachstum als auch die Keimung der Konidien von *Fusarium culmorum* signifikant verringern und somit als Mittel zur Bekämpfung samenübertragbarer *Fusarium*-Arten geprüft werden sollten.

Bodenschutz: Umsetzung der Vorgaben des § 17 BBodSchG Bodenphysikalische Auswirkungen von Zuckerrübenenernte und Gülleausbringung unter Praxisbedingungen

**Koch, Heinz-Josef (Göttingen)¹; Brandhuber, Robert; Stockfisch, Nicol;
Schäfer-Landefeld, Lothar**

Einleitung

Aussagekräftige Messungen zum Einfluss praxisüblicher Rübenroder und Gülle selbstfahrer auf die Bodenstruktur sind sehr aufwändig. Erste Ergebnisse wurden aus der Schweiz, aus Schweden und aus Deutschland berichtet (Arvidsson 2001, Brunotte et al. 2000, Diserens et al. 1998, Gysi 2001, Gysi et al. 1999). Ein Forschungsprojekt in Bayern und Niedersachsen sollte deshalb vertieft der Frage nachgehen, wie hoch die Risiken des Einsatzes schwerer Landtechnik mit hohen Fahrzeugmassen unter Praxisbedingungen insbesondere für die Struktur des Unterbodens sind.

Material und Methoden

Die Studie wurde auf 11 Ackerschlägen (7 in Bayern, 4 in Süd-Niedersachsen) zum Zeitpunkt der Zuckerrübenenernte oder der Gülleausbringung vor Mais durchgeführt (Tab. 1). Alle Flächen waren zuvor in langjähriger Bewirtschaftung mit dem Pflug. Die Befahrung erfolgte mit der jeweils vor Ort eingesetzten Maschine bei voller Beladung. Die beiden Selbstfahrer-Fahrzeuge besaßen zwei Achsen, fuhren mit versetzter Spur und waren mit Breit- bzw. Terrareifen (800/65 R32 x M28, 73 x 44.00 x 32 NHS) ausgerüstet. Der berechnete mittlere Kontaktflächendruck (McKyes 1985) betrug ca. 113 kPa beim Rübenroder und ca. 77 kPa beim Gülle selbstfahrer.

Die Probenahme (Stechzylinder) erfolgte vor und nach der Befahrung auf jeweils demselben Teilstück des Ackerschläges an 25 oder 32 Entnahmestellen in einem versetzten Raster mit einer Seitenlänge von 25-30 m (Abb.1) in 3 Tiefenstufen (Krumenmitte, Pflugsohle und Unterboden). Erfasst wurden u.a. die Trockenrohdichte, die Luftkapazität bei pF 1,8 sowie die pneumatische Leitfähigkeit bei pF 1,8 (UGT Müncheberg). Letztere wird als Luftpermeabilität nach Kmoch (1966) dargestellt. Die jeweiligen Datenpaare vor und nach der Überfahrt wurden mit dem U-Test nach Mann-Whitney statistisch ausgewertet.

¹ eMail: koch@ifz-goettingen.de

Tab. 1: Standort- und Fahrzeugeigenschaften bei der Befahrung

Nr.	Ort /Landschaft	Boden- art	Befahrung (Mon./ Jahr)	Fahrzeug (Gesamt- masse)	Besonderheiten
1	Neusling /Nied.bayr. Gäu	Tu	11/97	Rübenroder (40 t)*	Tieflockerung 40 cm Herbst 96
2	Sielenbach /Tertiärhügelland	1 SI3	04/98	Gülleselbst- fahrer (30 t)°	einjähr. pfluglose Bewirtschaftung
3	Sielenbach /Tertiärhügelland	2 SI3	04/98	Gülleselbst- fahrer (30 t)°	
4	Hirblingen /Tertiärhügelland	Su4	10/98	Rübenroder (40 t)*	
5	Sattenhausen /Eichsfeld	Ut3	10/98	Rübenroder (40 t)*	
6	Dassensen /Einbeck. Jurab.	Ut2	11/98	Rübenroder (7 t) [#]	
7	Thalham /Tertiärhügelland	Ut4	04/99	Gülleselbst- fahrer (30 t)°	
8	Desingerode /Eichsfeld	1 Ut3 /Ut4	10/99	Rübenroder (40 t)*	
9	Desingerode /Eichsfeld	2 Ut3 /Ut4	10/99	Rübenroder (40 t)*	
10	Essenbach /Isar-Hochterr.	1 Lu	10/99	Rübenroder (40 t)*	
11	Essenbach /Isar-Hochterr.	2 Tu3	11/99	Rübenroder (40 t)*	

* KRB Selbstfahrer 6-reihig Holmer TerraDos; ° Holmer TerraVariant; [#] KRB gezogen 2-reihig Stoll V202

Ergebnisse

Für die Ackerkrume belegen die in Tab. 2 dargestellten Ergebnisse, dass die Befahrung zu einer ausgeprägten Verschlechterung sowohl der Porositätswerte Trockenrohdichte und Luftkapazität als auch des Leitfähigkeitsparameters Luftpermeabilität führte. Alleinig unter den trockenen Bodenbedingungen im Herbst 1999 (Standorte 8 bis 11) war dieser Effekt nur gering und statistisch nicht abzusichern. Demgegenüber blieben die Böden in der Pflugsohle weitgehend unverändert bei einem allerdings häufig bereits sehr kompakten Ausgangsgefüge (Tab. 2).

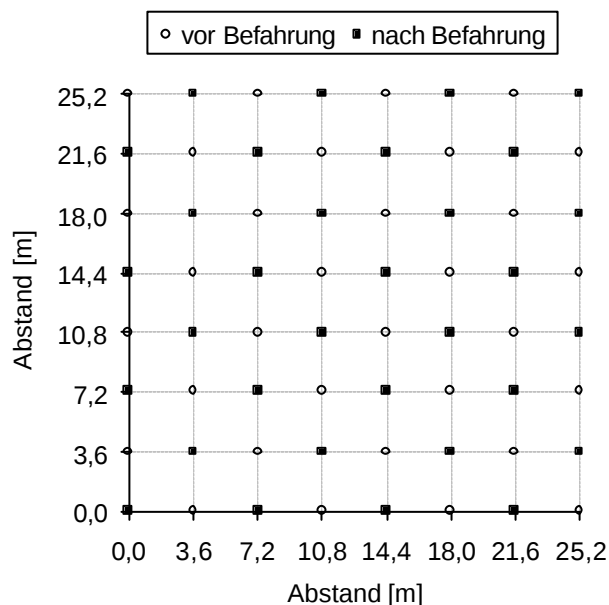


Abb. 1: Probenahmeraster

Tab. 2: Veränderung bodenphysikalischer Eigenschaften in Krume, Pflugsohle und Unterboden durch die Befahrung. Minuszeichen (–) kennzeichnen Abnahme, Pluszeichen (+) Zunahme der betreffenden Größe (TRD = Trockenrohdichte in t m^{-3} , LK = Luftkapazität bei pF 1,8 in Vol.%, LP = Luftpermeabilität bei pF 1,8 in 10^{-12} m^2); pF = Wasserspannung des Bodens bei Befahrung; statistische Signifikanzen mit 5% (+/–), 1% (+/+– –) und 0,1% (+++/– – –) Irrtumswahrscheinlichkeit; leere Tabellenfelder kennzeichnen nicht signifikante Veränderungen; nb = nicht bestimmt

Nr	Bod.- art	Krume (15-20 cm)				Pflugsohle (25-30 cm)				Unterboden (38-43 cm)			
		pF	TRD	LK	LP	pF	TRD	LK	LP	pF	TRD	LK	LP
1	Tu	2,5	+++	---	---	2,5	++	--	---	2,5	+++	---	---
2	Sl3	1,8	+++	---	---	2,0	+	-	---	2,0		--	--
3	Sl3	1,8	+++	---	--	2,0				2,0			
4	Su4	1,5	+++	---	---	1,5	+			1,5	+		
5	Ut3	1,8	+++	---	---	nb	nb	nb	nb	1,8	++		+++
6	Ut2	1,5	+++	---	---	nb	nb	nb	nb	1,5	+++		
7	Ut4	2,0	+++	---	---	1,8				1,8			-
8	Ut3/4	2,5		---		nb	nb	nb	nb	2,5			+
9	Ut3/4	2,5			-	nb	nb	nb	nb	2,5			
10	Lu	2,5				2,5			+	2,5			
11	Tu3	2,5				2,5	-			2,5	+		

Im Unterboden sind keine oder nur geringe Verdichtungserscheinungen nachweisbar, mit Ausnahme von Standort 1 (Tab. 2, Abb. 2). Dort hat die tiefe Lockerung im Vorjahr den Boden so weit destabilisiert, dass die Bodenbeanspruchung bei vollem Rübenbunker auch in der Tiefe um 40 cm zu einer erheblichen Verformung führte. Die Luftpermeabilität sank in die Einstufung „sehr gering“ (Kmoich 1966). Obwohl an den Standorten 2 und 7 gewisse Verdichtungserscheinungen erkennbar werden, verbleiben die Kennwerte der Bodenstruktur auch nach der Befahrung im günstigen Bereich (Abb. 2). Am Standort 4 war im nassen Herbst 1998 keine Unterbodenveränderung messbar (Tab. 2, Abb. 2). Dabei kennzeichnet der Gefügekennwert Luftpermeabilität den verdichtungsempfindlichen Sandboden dieses Standortes bereits vor der Befahrung als sehr kompakt (Abb. 2). Die Ursachen für den Anstieg der Luftpermeabilität an den Standorten 3, 5, 6, 8 und 9 in Verbindung mit zum Teil höheren Trockenrohdichten (Tab. 2) bleiben ungeklärt, denkbar sind hier beispielsweise Scherbrüche oder Regenwurmporen.

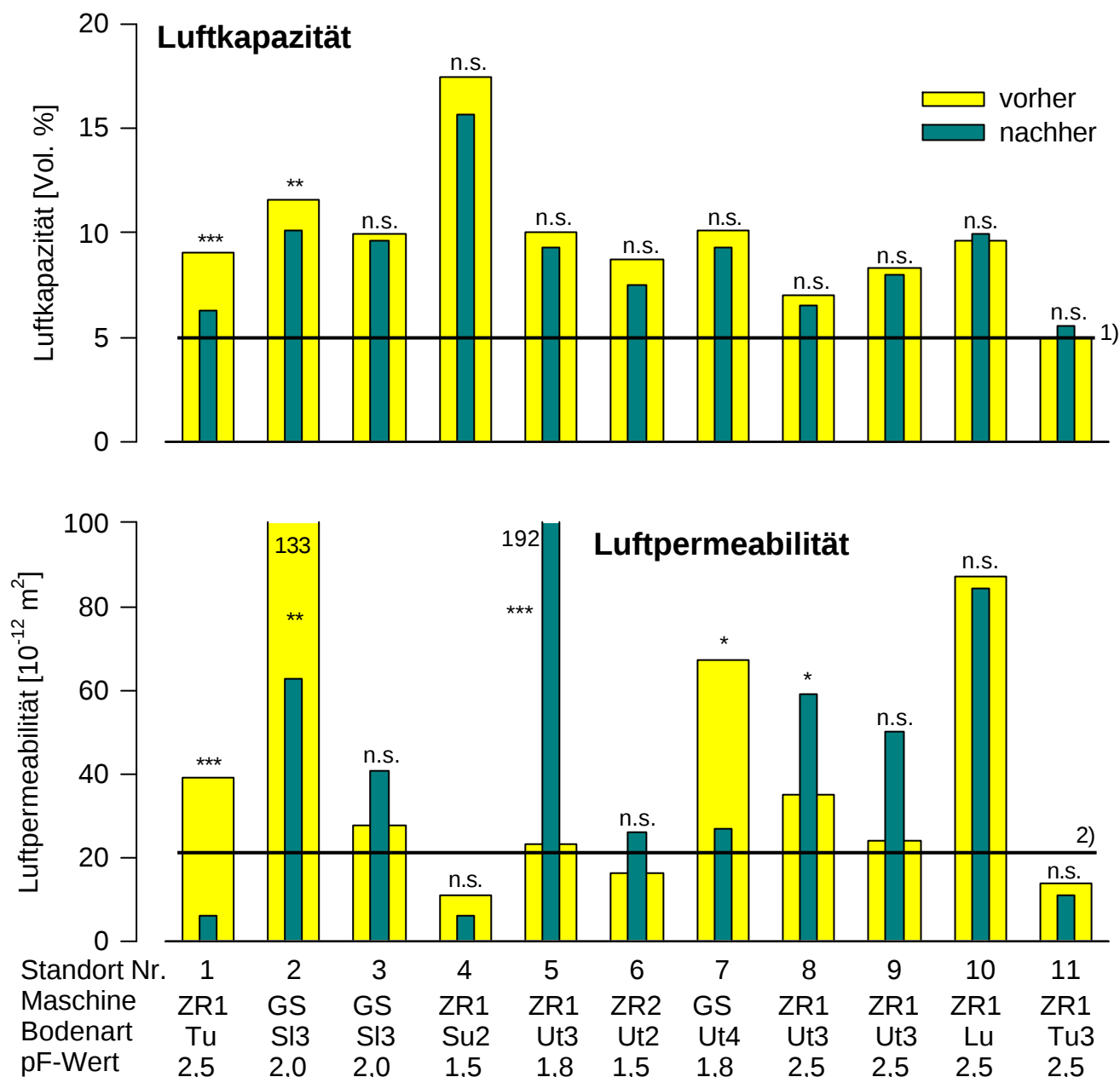


Abb. 2: Auswirkungen der Überfahung bei Zuckerrübenenernte und Gülleausbringung auf Luftkapazität und Luftpermeabilität (beide bei pF 1,8) im Unterboden (38 – 43 cm), Medianwerte, Signifikanzen nach Mann-Whitney-U-Test, n.s. = nicht signifikant; ZR1 = Zuckerrübenroder 40 t, ZR2 = Zuckerrübenroder 7 t, GS = Gülle selbstfahrer 30 t; die Horizontallinie in einer Grafik markiert die Grenze, unterhalb derer die Werte für den jeweiligen Parameter als gering anzunehmen sind (Werner&Paul 1999¹, Kmoch 1966²)

Diskussion und Schlussfolgerungen

Nach den vorgelegten Ergebnissen hat praxisüblicher Einsatz schwerer Rübenrodefahrzeuge und Gülle selbstfahrer die Gefügeeigenschaften bindiger Böden unterhalb der Ackerkrume nicht gravierend verändert, vorausgesetzt, die Böden

wurden vorher nicht tiefgelockert. Ergebnisse von Avidsson (2001), Brunotte et al. (2000), Diserens et al. (1998), Gysi et al. (1999) und Gysi (2001) werden damit bestätigt. Standort 4 mit verdichtungsanfälliger Bodenart (schwach schluffiger Sand) zeigte nach der Befahrung zwar keine weiteren Verdichtungsmerkmale, war aber bereits deutlich vorverdichtet.

Die Ergebnisse stützen die Einschätzung, dass Befürchtungen, der Unterboden würde durch den Einsatz heute üblicher schwerer Landmaschinen großflächig geschädigt, nicht zutreffen. Andererseits konnten durchaus Gefügeveränderungen im Unterboden nachgewiesen werden (z.B. Standorte 2 und 7, Befahrung im Frühjahr), die aber noch nicht zur Unterschreitung kritischer Werte der Luftpermeabilität führten. Nicht vollständig auszuschließende Risiken, die bei wiederholter Befahrung noch deutlicher zum Tragen kommen könnten, müssen in einem Konzept "Bodenschonendes Befahren" (Sommer 1998) minimiert werden. Dabei ist die Tragfähigkeit der Böden zu fördern, technische Möglichkeiten zur Schonung der Böden auf Fahrzeugseite sind weiter zu entwickeln, mechanische Belastungen sind zu begrenzen und die jeweiligen Arbeitsverfahren sind entsprechend anzupassen.

Literatur

- Avidsson, J., 2001: Subsoil compaction caused by heavy sugarbeet harvesters in southern Sweden I. Soil physical properties and crop yield in six field experiments. *Soil Tillage Res.* 60, 67-78.
- Brunotte, J., M. Weißbach, H. Rogasik, E. Isensee & C. Sommer, 2000: Zur guten fachlichen Praxis beim Einsatz moderner Zuckerrüben-Erntetechnik. *Zuckerrübe* 49, 34-40.
- Diserens, E., Anken, Th., Weisskopf, P. & Zihlmann, U., 1998: Tragen Unterböden größere Lasten als erwartet? *Agrarforschung* 5(1), 9-12.
- Gysi, M., 2001: Compaction of an eutric cambisol under heavy wheel traffic in Switzerland: Field data and a critical state soil mechanics model approach. *Soil Tillage Res.* 61, 133-142.
- Gysi, M., A. Ott & H. Flühler, 1999: Influence of single passes with high wheel load on a structured, unploughed sandy loam soil. *Soil Tillage Res.* 52, 141-151.
- Kmoch, H.G., 1966: Vergleichsmessungen der Luftdurchlässigkeit des Bodens im Freiland und im Labor. *Z. Pflanzenernährung, Düngung & Bodenkunde* 111, 10-23.
- McKyes, E., 1985. *Soil Cutting and Tillage*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, *Developments in Agricultural Science* 7, 217 pp.
- Sommer, C., 1998: Ein Konzept zur Vorbeugung von Bodenschadverdichtungen in der pflanzlichen Produktion. *Bodenschutz* 3 (H. 1), 12-16.
- Werner, D., & R. Paul, 1999: Kennzeichnung der Verdichtungsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Böden. *Wasser & Boden* 51 (H. 12), 10-14.

Entwicklung bodenphysikalischer Parameter sowie der Humus- und Nährstoffverteilung in Ackerböden bei dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung

Nitzsche, Olaf (Leipzig); Schmidt, Walter:

Einleitung

Die wirksamste Maßnahme gegen Bodenerosion ist die Anwendung konservierender Bodenbearbeitungsverfahren mit Mulchsaat. In Sachsen wurden im Anbaujahr 2000/2001 über 30 % der gesamten Ackerfläche pfluglos bearbeitet (SCHMIDT ET AL. 2001). Insbesondere in stark erosionsgefährdeten Regionen erreichte der Anteil der konservierend bearbeiteten Fläche auch Werte von über 50 % an der Ackerfläche. Mit der Zunahme der Anwendung dieser Verfahren erhöht sich der Flächenanteil, der in der gesamten Fruchtfolge dauerhaft konservierend bearbeitet wird. Die Umstellung auf dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung ist als Systemumstellung zu begreifen und bedingt einen entsprechenden Anpassungsbedarf im Bereich des Pflanzenbaus. Darüber hinaus treten, wie die im Folgenden präsentierten Ergebnisse verdeutlichen, bei einem dauerhaften Pflugverzicht starke Änderungen im System Boden auf. Die Kenntnis, in welchem Ausmaß verschiedene Bodeneigenschaften von der Änderung der Bodenbearbeitung beeinflusst werden, ist eine wichtige Voraussetzung für grossräumige Abschätzungen bezüglich der ökologischen Auswirkungen dieser neuartigen Bearbeitungsverfahren aber auch zur Optimierung der Bearbeitungsverfahren im Hinblick auf die Schaffung optimaler Standortbedingungen für die Kulturpflanzen.

In diesem Sinne wurde im Rahmen der Untersuchungen der Boden verschiedener langjährig differenziert bearbeiteter Bodenbearbeitungspartellen umfassend bodenphysikalisch und -chemisch charakterisiert.

Material und Methoden

Für die Untersuchungen standen zwei Dauerversuchsflächen der Südzucker AG in den sächsischen Lößgebieten zur Verfügung (Tab. 1). Auf den Ackerflächen wurden in Großparzellen (~ 5 ha) unter Praxisbedingungen der konventionellen Bodenbearbeitung mit dem Pflug verschiedene konservierende Bearbeitungs- bzw. Direktsaatverfahren gegenübergestellt (Tab. 1). Auf der Fläche Lüttewitz im Sächsischen Lößhügelland wurde die Versuchsfläche im Jahr 1992 eingerichtet und seit dem differenziert bewirtschaftet. Am Standort Zschortau, in der Leipziger Tieflandsbucht wurde der Versuch im Herbst 1997 angelegt, seit 1992 erfolgte auf der Fläche jedoch schon eine konservierende Bodenbearbeitung. Die Untersuchungen wurden in den Jahren 1999 bis 2001 durchgeführt.

Tabelle 8: Standortbeschreibung und Versuchsaufbau der Versuchsstandorte

Versuchsstandort und Eigenschaften ¹	Bearbeitungsvarianten (Bezeichnung im Text)	Geräte (Bearbeitungstiefe [cm])	Bearbeitung seit:	Fruchtfolge (1999 bis 2001)
Lüttewitz Parabraunerde Ut3 - Ut4 Carbonatfrei 643 mm, 8,1°C ²	• Konventionell (Pflug) • Konservierend-Locker (Kons.-L.) • Konservierend (Kons.) • Direktsaat (Direkt)	⇒ Pflug (30) ⇒ Grubber (20) mit Tiefenlockerer (40) ³ ⇒ Grubber (10) ⇒ Direktsaatmaschine	1992 (vorher alles gepflügt)	ZR WW WW
Zschortau Parabraunerde-Pseudogley Uls – Lu Carbonatfrei 547 mm, 8,8°C ²	• Konventionell (Pflug) • Konservierend-Locker³ (Kons.-L.) • Konservierend (Kons.) • Direktsaat (Direkt)	⇒ Pflug (30) ⇒ Grubber (20) mit Tiefenlockerer (40) ³ ⇒ Grubber (10) ⇒ Direktsaatmaschine	1997 (seit 1992 alles konservierend)	ZR WW WG

1) nach KA 4, AG BODEN 1994; 2) Niederschlag und Temperatur im langjährigen Mittel; 3) einmalig in der Fruchtfolge zu Zuckerrüben

Zur bodenphysikalischen Charakterisierung der Versuchspartzen wurden neben der Textur (Tab. 1) die Trockenrohdichte, das Porenvolumen und die Porenverteilung, die gesättigte Wasserleitfähigkeit und die Dichte der vertikalen Makroporen > 1mm Durchmesser bestimmt. Weiterhin wurde der Anteil der wasserstabilen Aggregate, der Regenwurmbesatz, die Gehalte an organischer Substanz und an DL-löslichem Phosphat ermittelt.

Die Bestimmung der Trockenrohdichte, des Porenvolumens und der Porenverteilung erfolgte anhand von 100 cm³ Stechzylindern, die gesättigte Wasserleitfähigkeit wurde an Bodenproben in 250 cm³-Stechzylindern bestimmt.

Zur Ermittlung der Makroporendichte >1 mm wurden mit einer Rammsonde mit einem Durchmesser von 8,5 cm in jeder Variante zehn Bohrkerne bis in 50 cm Tiefe in Schritten von 10 cm entnommen. Die an den Bruchkanten sichtbaren Makroporen wurden auf Folie übertragen und dann hinsichtlich Anzahl und Durchmesser ausgewertet (UHLIG 2001).

Die Bestimmung der wasserstabilen Aggregate erfolgte nach MURER ET AL. (1993) durch definierte Tauchsiebung von Bodenaggregaten. Die Bodenproben wurden als Mischproben aus der Oberkrume (0-5 cm Tiefe) entnommen.

Die Bestimmung von Regenwurmbesatz und Artenspektrum erfolgte durch Kombination der Handsortierung von Bodenproben (1/8 m²; 20 cm Tiefe; 4 Wiederholungen) mit anschließendem Formalinaustrieb (4 bis 5 l einer ca. 1,8 %-igen Formalinlösung) nach EDWARDS & BOHLEN (1996).

Die organische Substanz und der DL-P-Gehalt wurde anhand von Mischproben (Drei Wiederholungen) in einer vertikalen Aufteilung von 0-5, 5-10, 10-20 und 20-30 cm entnommen. Die P-Analyse erfolgte nach den VDLUFA-METHODENVORSCHRIFTEN (1991). Der organische Kohlenstoff wurde nach DIN ISO 10694 (PIN 2000) durch trockene Verbrennung im Sauerstoffstrom aus dem Boden freigesetzt und mit Hilfe eines Elementaranalysators ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Lagerungsdichte der Böden zeigte in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitungstiefe an beiden Standorten eine deutliche Differenzierung (Tab. 2). In dem Bodenbereich der regelmäßig bearbeitet wird lag die Lagerungsdichte i.d.R. unterhalb von 1,4 g*cm⁻³. Im nicht bearbeiteten Bereich stieg die

Lagerungsdichte erwartungsgemäss an. An beiden Standorten fallen im Bereich der Krumenbasis und des Unterbodens die großen Unterschiede der Lagerungsdichte zwischen den Varianten auf. Am Standort Zschortau ist dies auf die inhomogene Mächtigkeit der Lößbedeckung zurückzuführen. Das unter dem Sandlöß anstehendes sehr inhomogenes Geschiebmaterial trat kleinräumig wechselnd zwischen 30 cm und 60 cm Bodentiefe auf.

Der Standort Lüttewitz zeichnet sich durch eine tiefgründige Lößbedeckung aus. Jedoch konnten auch hier sehr kleinräumige Differenzen in der Lagerungsdichte festgestellt werden. Auffallend sind die hohen Lagerungsdichten in der Mittel- und Unterkrume der Variante Konservierend, die allerdings bei einer wenige Meter von der ursprünglichen Profilgrube entfernten Nachbeprobung im Bereich der Mittelkrume (Daten nicht dargestellt) nicht bestätigt werden konnten. Jedoch wird aus den Daten deutlich, dass insbesondere bei dauerhafter Bearbeitung in immer derselben Tiefe die Gefahr der Bildung einer Bearbeitungssohle und damit einer erhöhten Lagerungsdichte besteht.

Tab. 2: Trockenrohdichte [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$] an den Standorten Zschortau und Lüttewitz in Abhängigkeit von Bodentiefe und Bodenbearbeitung

Bodentiefe*	Standort Zschortau, Probenahme				Standort Lüttewitz, Probenahme			
	Pflug	Kons.-L	Kons.	Direkt	Pflug	Kons.-L	Kons.	Direkt
Oberkrume	1,37 b**	1,29 ab	1,23 a	1,49 c	1,21 a	1,13 a	1,24 a	1,35 b
Mittelkrume	1,42 ab	1,39 a	1,47 b	1,48 b	1,33 b	1,20 a	1,67 d	1,51 c
Unterkrume	1,33 a	1,46 b	1,48 b	1,47 b	1,33 a	1,45 b	1,61 c	1,47 b
Krumenbasis	1,51 a	1,66 b	1,54 a	1,55 a	1,38 a	1,49 b	1,57 c	1,49 b
Unterboden	1,58 b	1,56 b	1,50 a	1,61 b	1,43 a	1,59 c	1,62 c	1,49 b

*: Oberkrume: 0-10 cm; Mittelkrume: 10-20 cm; Unterkrume: 20-30 cm; Krumenbasis: 30-35 cm; Unterboden: 45-50 cm.

** : Unterschiedliche Buchstaben an den Daten indizieren statistisch gesicherte Unterschiede ($p < 0,05$) innerhalb einer Tiefenstufe zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten eines Standortes.

Das Gesamtporenvolumen (GPV) (Tab. 3 und Tab. 4) spiegelt die Lagerungsdichte wider. Bei der Feldkapazität ergaben sich am Standort Zschortau nur sehr geringe Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten. Größere Unterschiede zeigten sich bei dem Parameter Luftkapazität. Die sehr hohen Werte in der Variante Pflug (Unterkrume) und die Variante Konservierend-Locker (Mittelkrume) resultieren aus der Einmischung der Rückstände der Vorfrucht. Der Anteil der Poren $> 50 \mu\text{m}$ Durchmesser ist am Standort Zschortau als sehr hoch einzustufen.

Tab. 3: Porenvolumen [%] und -verteilung am Standort Zschortau in Abhängigkeit von Bodentiefe und Bodenbearbeitung

Bodentiefe*	GPV**				Feldkapazität				Luftkapazität			
	Pflug	Ko.-L	Kons.	Direkt	Pflug	Ko.-L	Kons.	Direkt	Pflug	Ko.-L	Kons.	Direkt
Mittelkrume	46,3ab	47,7b	44,5a	44,2a	31,8b	30,0a	31,8b	32,3b	14,6a	17,7b	12,7a	11,9a
Unterkrume	49,7b	44,9a	44,2a	44,6a	29,6a	28,7a	30,8b	29,8a	20,0b	16,1a	13,4a	14,9a
Krumenbasis	43,1b	37,2a	41,8b	41,6b	29,7b	26,8a	30,0b	30,1b	13,4b	10,4a	11,8a	11,5a
Unterboden	40,5a	41,3b	43,4c	39,2a	30,8a	28,5a	31,2a	30,4a	9,7ab	12,8b	12,2c	8,8a

*: Mittelkrume: 10-20 cm; Unterkrume: 20-30 cm; Krumenbasis: 30-35 cm; Unterboden: 45-50 cm.

** : Unterschiedliche Buchstaben an den Daten indizieren statistisch gesicherte Unterschiede ($p < 0,05$) innerhalb einer Tiefenstufe zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten eines Standortes.

Am Standort Lüttewitz war das Geamporenvolumen insbesondere in der Variante Konservierend stark reduziert (Tab. 4). Diese Reduzierung ging hauptsächlich zu Lasten der Poren >50 µm Durchmesser. Die Porenvolumina in diesem Bereich waren mit 1,2 bis 4,3 % sehr niedrig. Der sehr hohe Wert von 25 % in der Mittelkrume der Variante Konservierend-Locker resultierte aus der Einmischung von Pflanzenresten in diese Tiefe.

Tab. 4: Porenvolumen [%] und -verteilung am Standort Lüttewitz in Abhängigkeit von Bodentiefe und Bodenbearbeitung

Bodentiefe*	GPV**				Feldkapazität				Luftkapazität			
	Pflug	Ko.-L	Kons.	Direkt	Pflug	Ko.-L	Kons.	Direkt	Pflug	Ko.-L	Kons.	Direkt
Mittelkrume	49,7c	54,6d	37,1a	43,1b	39,7d	29,6a	35,8c	34,7b	10,0b	25,0c	1,3a	8,6b
Unterkrume	50,0c	45,3b	39,0a	44,4b	37,1d	32,7a	35,7c	34,1b	12,9b	12,6b	3,4a	10,2b
Krumenbasi	47,9c	44,0b	40,6a	43,7b	36,1b	31,6a	36,5b	35,3b	11,8c	12,3c	4,3a	8,3b
Unterboden	46,1c	40,2a	39,2a	43,7b	39,4c	38,0b	37,9b	35,8a	6,8a	2,3b	1,2b	8,0a

*: Mittelkrume: 10-20 cm; Unterkrume: 20-30 cm; Krumenbasis: 30-35 cm; Unterboden: 45-50 cm.

** : Unterschiedliche Buchstaben an den Daten indizieren statistisch gesicherte Unterschiede ($p < 0,05$) innerhalb einer Tiefenstufe zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten eines Standortes.

In den Tabelle 5 und 6 zeigt sich, dass trotz der teilweise starken Verminderung der Luftkapazität in den nicht gepflügten Böden die gesättigte Wasserleitfähigkeit in der Krume stark anstieg. Die gemessenen Werte wiesen eine extreme Streuung auf, was in Abb. 1 beispielhaft für den Standort Lüttewitz dargestellt ist. Für die Messungen wurden Stechzylinder mit einem Volumen von 250 cm³ und einer Fläche von 50 cm² verwendet. Die Entnahmeorte der Stechzylinder in den jeweiligen Tiefenstufen innerhalb der Profilgrube waren zufällig, so dass aufgrund der relativ großen Stechzylinderfläche oft auch vertikale Makroporen in den Zylindern vorhanden waren (vgl. Tab. 7 und 8), die zum großen Teil die hohen Leitfähigkeitswerte bewirkten. Deutlich wird, dass trotz der z.T. hohen Dichte der Böden deren Funktionalität im Hinblick auf die Wasserinfiltration nicht gemindert, sondern sogar verbessert war. Dies spricht für die hohe Kontinuität der vertikalen Makroporen in den nicht gepflügten Bodenbearbeitungsvarianten.

Tab. 5: Gesättigte Wasserleitfähigkeit am Standort Zschortau in Abhängigkeit von Bodentiefe und Bodenbearbeitung (geometrisches Mittel)

Bodentiefe*	gesättigte Wasserleitfähigkeit [cm*Ta ⁻¹]			
	Pflug	Ko.-L	Kons.	Direkt
Mittelkrume	210	2481	959	851
Unterkrume	677	1347	2175	1323
Krumenbasis	1092	1551	2513	1674
Unterboden	2293	1989	2924	2016

*: Mittelkrume: 10-20 cm; Unterkrume: 20-30 cm; Krumenbasis: 30-35 cm; Unterboden: 45-50 cm.

Tab. 6: Gesättigte Wasserleitfähigkeit am Standort Lüttewitz in Abhängigkeit von Bodentiefe und Bodenbearbeitung (geometrisches Mittel)

Bodentiefe*	gesättigte Wasserleitfähigkeit [cm*Ta ⁻¹]			
	Pflug	Ko.-L	Kons.	Direkt
Mittelkrume	106	1878	452	1062
Unterkrum	258	843	460	441
Krumenbasi	285	842	476	713
Unterbode	89	181	53	628

*: Mittelkrume: 10-20 cm; Unterkrume: 20-30 cm; Krumenbasis: 30-35 cm; Unterboden: 45-50 cm.

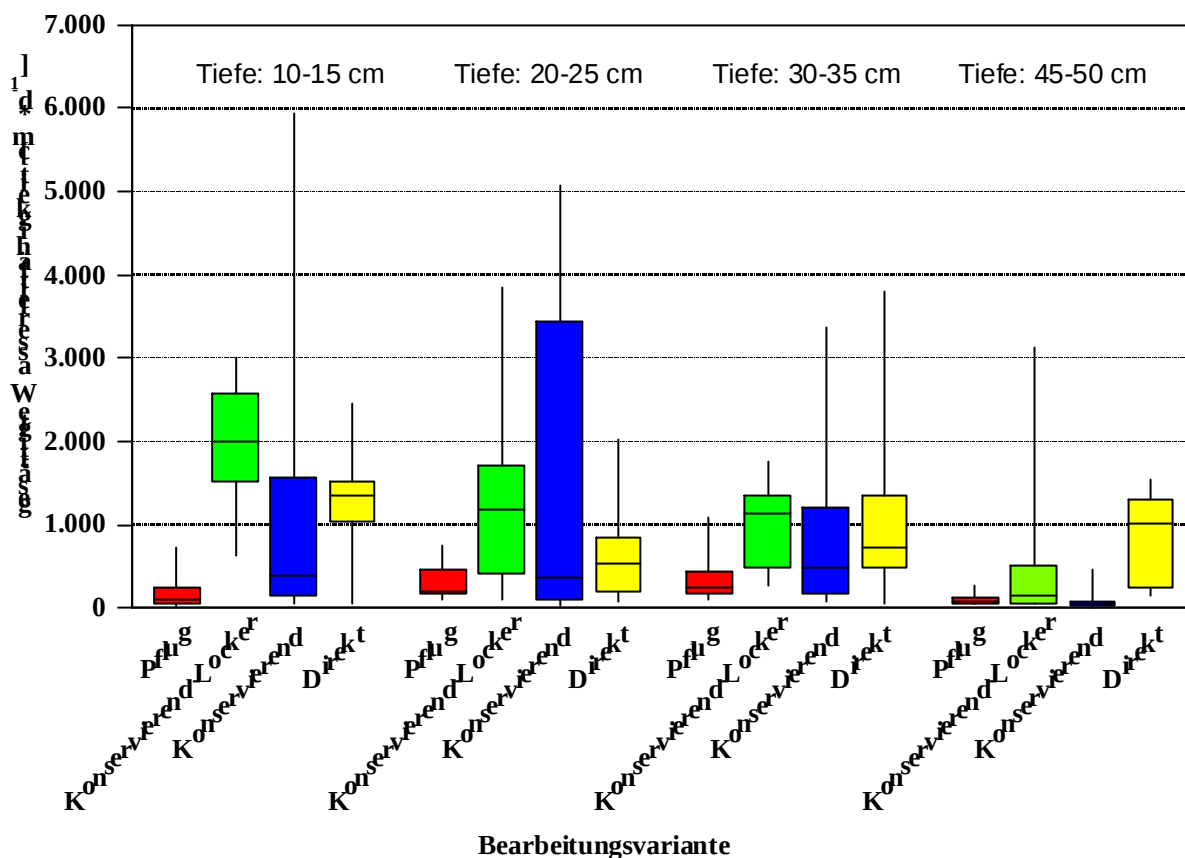


Abb. 1: Gesättigte Wasserleitfähigkeit am Standort Lüttewitz in Abhängigkeit von der Bodentiefe und der Bodenbearbeitung

Die Anzahl und der Flächenanteil der vertikalen Makroporen in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung wurde auf beiden Versuchsstandorten anhand von Bohrkernen bestimmt. Die Daten in den Tab. 7 und 8 zeigen, dass in der Krume der nicht gepflügten Varianten bis zu vierfach erhöhte Werte für die Makroporenzahl ermittelt wurden. Die Ursachen sind einerseits in der Schonung bestehender Poren durch eine geringere Bodenbearbeitungsintensität und andererseits durch die erhöhte Neubildung von Makroporen durch das verstärkte Auftreten insbesondere von anektischen Regenwurmart zu sehen (vgl. Abb. 2 und 3). Im Unterboden trat dieser Unterschied nicht mehr auf bzw. kehrte sich am Standort Lüttewitz sogar um. Vermutlich handelte es sich bei den in diesem Bereich erfassten Makroporen um sehr alte Poren, die von der Bodenbearbeitung wenig beeinflusst werden (Uhlig 2001).

Die Flächenanteile der vertikalen Makroporen lagen in der Krume auf den nicht gepflügten Flächen ebenfalls deutlich höher als nach regelmäßigem Pflugeinsatz (Tab. 7 und 8). Ausgehend von der Annahme, dass es sich bei den erfassten Poren um kontinuierliche Poren handelt, kann deren Flächenanteil auch als Volumenanteil angesehen werden. Die Werte verdeutlichen, dass das Makroporensystem >1mm weniger als zwei Prozent des Bodenvolumens einnimmt und somit auch die guten Wasserleitfähigkeitswerte der konservierend bestellten Variante am Standort Lüttewitz (Tab. 6) trotz des geringen Volumens an Poren > 50 µm (Tab. 4) realistisch erscheinen.

Tab. 7: Anzahl und Flächenanteil vertikaler Makroporen am Standort Zschortau in Abhängigkeit von der Bodentiefe und der Bodenbearbeitung, Probenahme: 2. und 3. November 2000

Bodentiefe	Anzahl vertikaler Poren > 1mm * m ²				Flächenanteil [%]			
	Pflug	Kons.-L	Kons.	Direkt	Pflug	Kons.-L	Kons.	Direkt
0 cm	282a	705bc	458ab	916c	0,11	0,45	0,26	0,61
10 cm	194a	493ab	775b	987b	0,21	0,54	0,67	0,89
20 cm	159a	811ab	1375b	1075b	0,10	0,57	0,90	1,57
30 cm	53a	1005b	1533b	1251b	0,02	0,81	1,06	1,02
40 cm	1427a	1745a	1692a	1674a	1,45	1,01	1,56	1,94
50 cm	1604a	1498a	1427a	1322a	1,37	1,39	1,30	1,79

Tab. 8: Anzahl und Flächenanteil vertikaler Makroporen am Standort Lüttewitz in Abhängigkeit von der Bodentiefe und der Bodenbearbeitung, Probenahme: 6. und 7. November 2000

Bodentiefe	Anzahl vertikaler Poren > 1mm * m ²				Flächenanteil [%]			
	Pflug	Kons.-L	Kons.	Direkt	Pflug	Kons.-L	Kons.	Direkt
0 cm	617a	899a	1022a	1022a	0,23	0,33	0,46	0,53
10 cm	264a	493ab	1022b	775ab	0,18	0,37	0,91	0,52
20 cm	300a	952b	811ab	1286b	0,23	0,49	0,43	0,96
30 cm	317a	864ab	1128b	1286b	0,22	0,50	0,62	0,85
40 cm	987a	881a	652a	1040a	0,85	0,58	0,47	0,83
50 cm	1427b	1040ab	617a	775a	1,01	0,83	0,63	0,63

Eine der Ursachen für die ausgeprägte Durchporung der Krume in den pfluglos bearbeiteten Varianten, ist in der an beiden Standorten, im Vergleich zu der gepflügten Variante, erhöhten Regenwurmabundanz zu sehen. Besonders ausgeprägt war der Anstieg der Regenwurmabundanz mit Rückgang der Bodenbearbeitungstiefe und -intensität am Standort Zschortau (Abb. 2). An beiden Standorten stieg der Anteil der anektischen Art *Lumbricus terrestris* überproportional mit dem Rückgang der Bodenbearbeitungsintensität und -tiefe (KRÜCK ET AL. 2001, NITZSCHE ET AL. 2001). Am Standort Lüttewitz (Abb. 3) fiel auf, dass sowohl im Herbst 2000 als auch im Frühjahr 2001 in der Variante Konservierend gegenüber der Pflugvariante nur leicht erhöhte Regenwurmabundanzen vorzufinden waren. Jedoch ging dieser, im Vergleich zu den anderen pfluglos bearbeiteten Varianten, niedrigere Wert ausschließlich zu Lasten der endogäischen Arten. Die Abundanz der anektischen Art *L. terrestris*, die maßgeblich für die dauerhaften vertikalen Makroporen verantwortlich ist, unterschied sich nicht von den Abundanzen in der Direktsaat- und Konservierend-Locker-Variante, war aber um den Faktor acht höher als nach Pflugeinsatz (KRÜCK ET AL. 2001). Neben der Regenwurmabundanz konnte auch eine deutlich erhöhte mikrobielle Biomasse in den nicht gepflügten Varianten festgestellt werden. In dem Tiefenbereich von 0 bis 10 cm

waren die Gehalte zwei- bis dreifach erhöht. Dem stand ein nur geringer Rückgang in der Tiefenstufe 20 bis 30 cm gegenüber (Werte nicht dargestellt, vgl. KRÜCK ET AL. 2001, NITZSCHE ET AL. 2001).

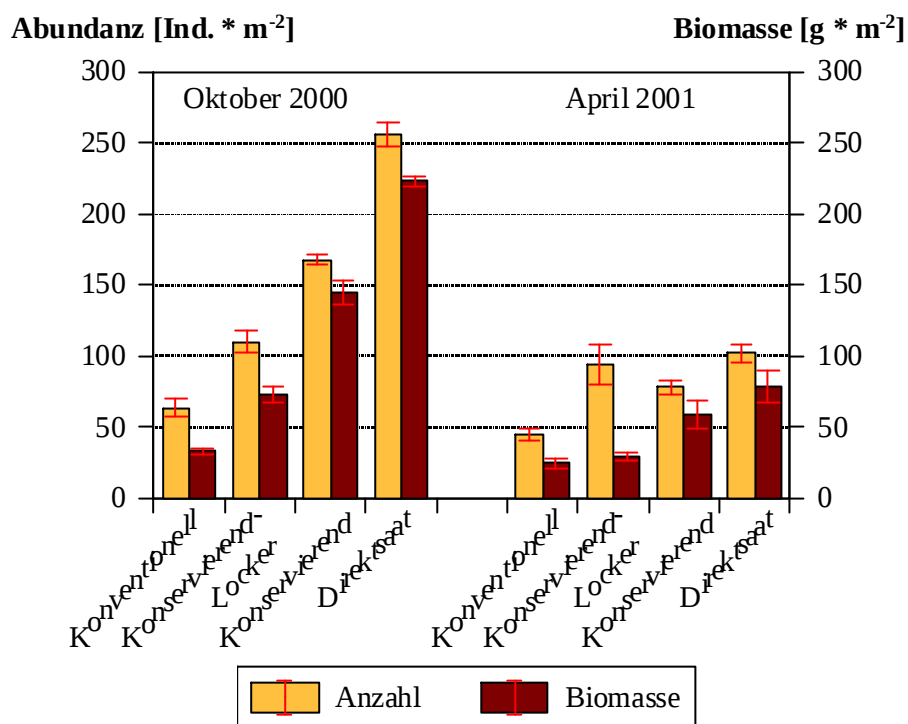


Abb. 2: Abundanz und Biomasse der Regenwürmer am Standort Zschortau in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

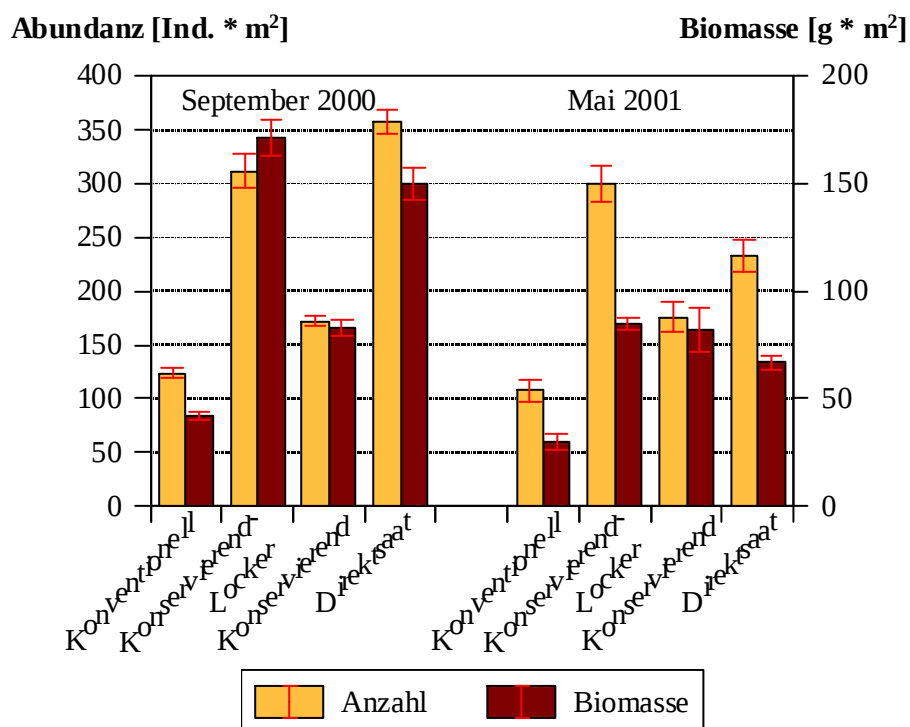


Abb. 3: Abundanz und Biomasse der Regenwürmer am Standort Lüttewitz in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

Auch die organische Substanz zeigte eine deutliche Stratifizierung in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung. Insbesondere am Standort Zschortau war dies sehr deutlich ausgeprägt (Abb. 4). Einer deutlichen Erhöhung der Gehalte an organischer Substanz stand ein leichter Rückgang in der Unterkrume gegenüber.

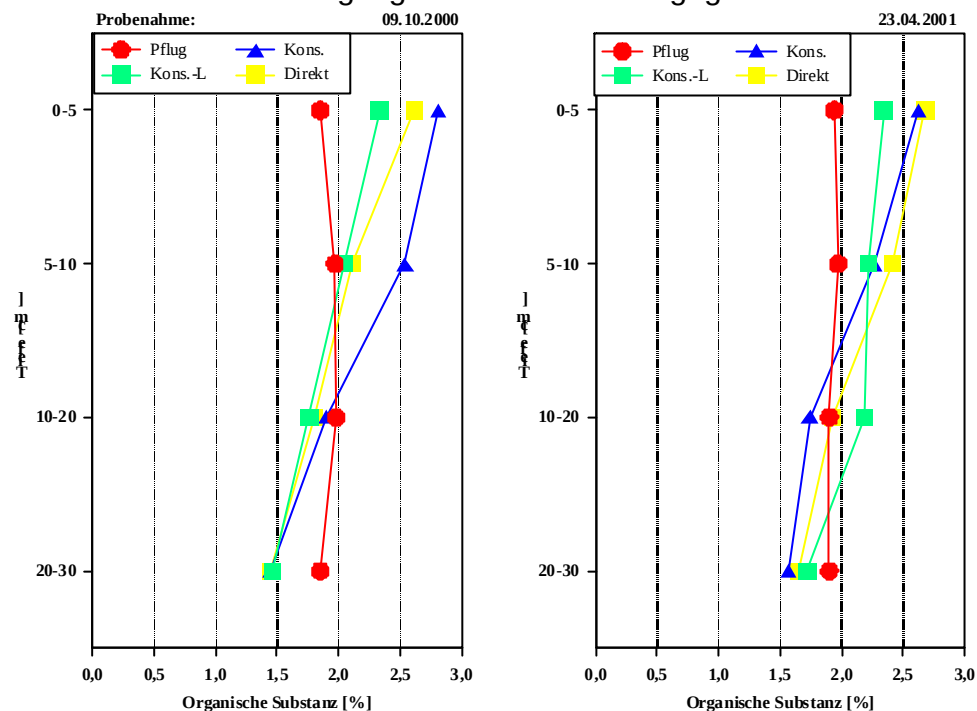


Abb. 4: Gehalt an organischer Substanz am Standort Zschortau in Abhängigkeit von der Bodentiefe und der Bodenbearbeitungsintensität

Am Standort Lüttewitz ist die vertikale Verteilung der organischen Substanz in der Krume etwas differenzierter zu betrachten (Abb. 5). Die Variante Konservierend zeigte im Herbst 2000 die geringsten Gehalte organischer Substanz im Oberboden. Im Frühjahr 2001 waren die Gehalte jedoch höher als in den anderen Varianten. Dies scheint in einer kleinräumig sehr hohen Heterogenität gerade in dieser Bodenbearbeitungsparzelle begründet zu liegen, wie sie auch bei dem Parameter Bodendichte vermutet wurde.

In der Unterkrume zeigt sich in den nicht gepflügten Varianten ein deutlich niedrigerer Gehalt an organischer Substanz im Vergleich zu der Pflug-Variante. Dies deutet auf eine Abreicherung in der Unterkrume bei langjährig nicht wendender Bodenbearbeitung zugunsten der Oberkrume hin.

In den gepflügten Parzellen zeigte sich an beiden Standorten eine relativ homogene Vermischung der organischen Substanz in der Krume.

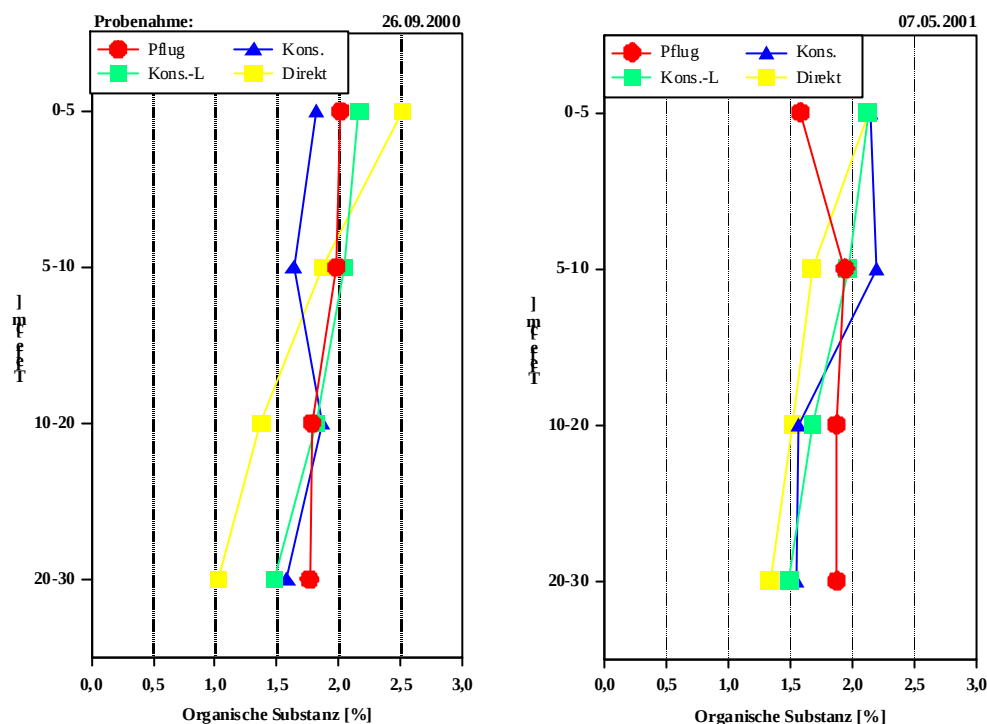


Abb. 5: Gehalt an organischer Substanz am Standort Lüttewitz in Abhängigkeit von der Bodentiefe und der Bodenbearbeitungsintensität

Die erhöhten Gehalte an organischer Substanz und mikrobieller Biomasse in der Oberkrume sowie die erhöhte Regenwurmabundanz führten zu einer verbesserten Stabilität der Bodenaggregate gegen Verschlämmung in allen nicht gepflügten Parzellen an beiden Standorten im Vergleich zu den gepflügten Parzellen (Werte nicht dargestellt). In Kombination mit einer schützenden Mulchauflage und der erhöhten Anzahl der kontinuierlichen vertikalen Makroporen in den konservierend bestellten Varianten bewirkt dies eine verbesserte Wasserinfiltration und auf geneigten Flächen (wie z.B. am Standort Lüttewitz) eine geringere Bodenerosion im Vergleich zu der gepflügten Parzelle. Die Wirksamkeit konnte in Berechnungssimulationen nachgewiesen werden (Daten nicht dargestellt, vgl. Nitzsche et al. 2001).

Konform zu der Anreicherung organischer Substanz in der Oberkrume ist eine Anreicherung von Nährstoffen in diesem Bereich denkbar. Insbesondere in trockenen Phasen, mit einer starken Austrocknung der Oberkrume würde dies die Gefahr einer verringerten Nährstoff-Verfügbarkeit bewirken. Dieser Sachverhalt wurde am Beispiel der P-Versorgung untersucht. Die Ergebnisse der P-Untersuchungen sind für den Standort Zschortau in der Abb. 6 und für den Standort Lüttewitz in der Abb. 7 dargestellt. An beiden Standorten zeigt sich eine homogene Verteilung des DL-löslichen Phosphors in den untersuchten Tiefenstufen und somit kein Einfluss der Bodenbearbeitung auf dessen vertikale Verteilung. Die Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten bleiben in den untersuchten Tiefenstufen gleich. Lediglich in der Variante Konservierend am Standort Zschortau ist ein leichter Rückgang der Gehalte unterhalb von 10 cm festzustellen. Die Unterschiede in der DL-P-Konzentration zwischen den Varianten lassen sich nicht durch die Bodenbearbeitung erklären. Da keine Untersuchungen aus der Zeit vor der Versuchsanlage vorliegen, kann nur vermutet werden, dass die Differenzen schon zu diesem Zeitpunkt vorlagen.

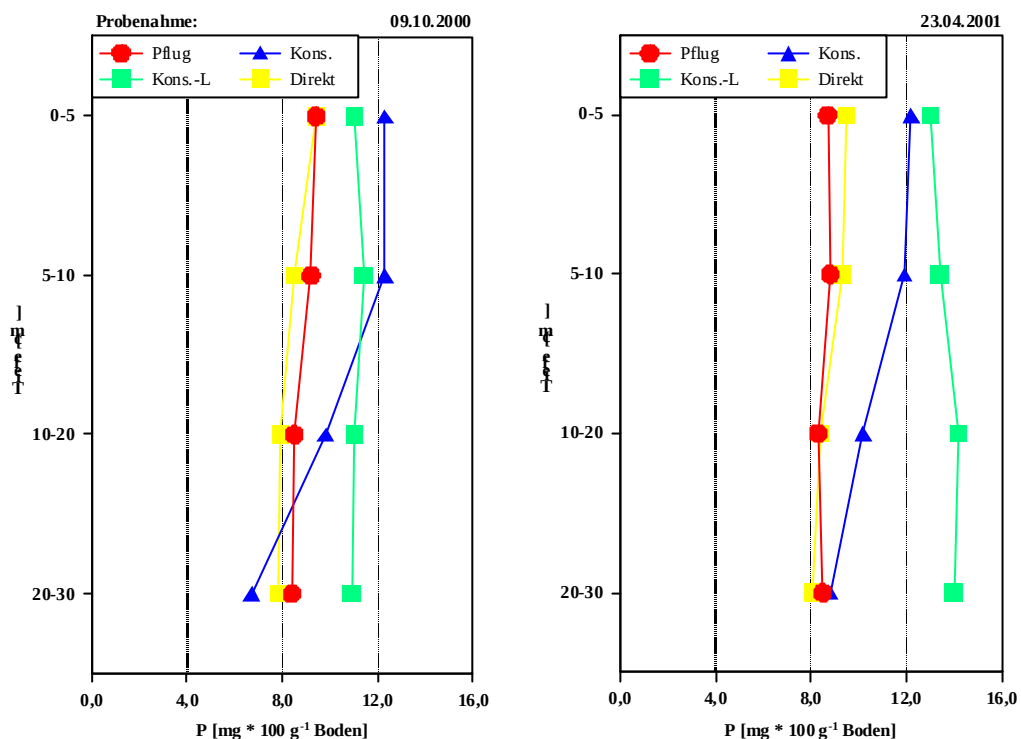


Abb. 6: DL-P-Gehalte am Standort Zschortau in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung und der Bodentiefe

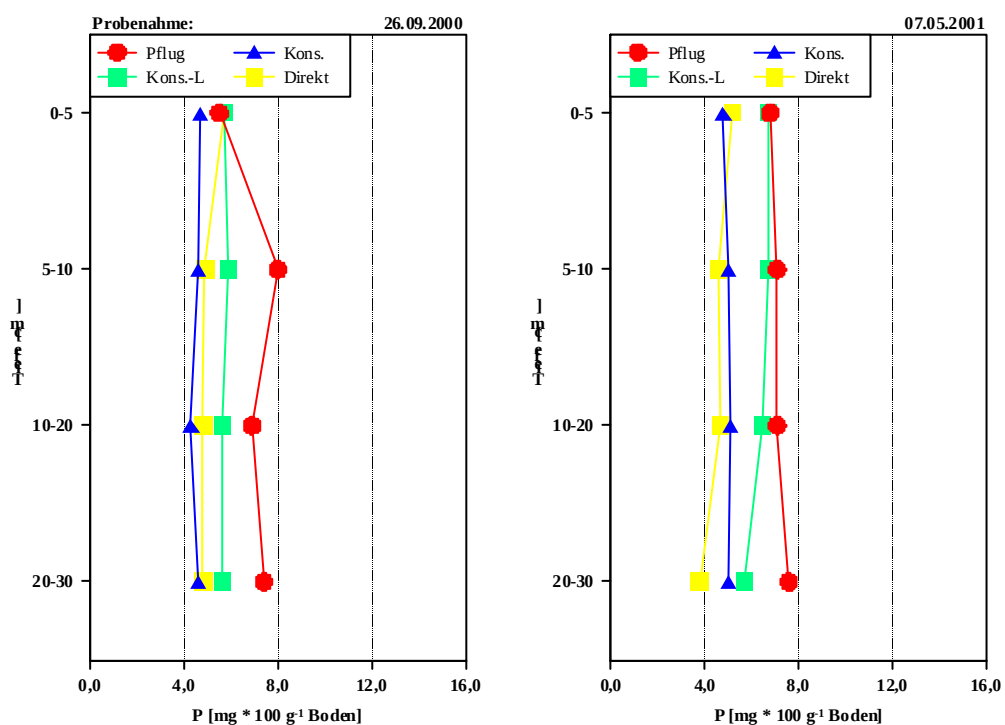


Abb. 7: DL-P-Gehalte am Standort Lüttewitz in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung und der Bodentiefe

Zusammenfassung

Die Untersuchungen zum Einfluss der dauerhaft konservierenden Bodenbearbeitung auf bodenphysikalische Parameter ergaben eine deutliche Differenzierung der Lagerungsdichte in Abhängigkeit von der Bearbeitungstiefe. Sehr empfindlich reagierte der Parameter Luftkapazität auf die Form der Bodenbearbeitung. Jedoch zeigte sich, dass auch bei extrem verringerter Luftkapazität die Wasserleitfähigkeit des Bodens gewahrt blieb, da sich der Anteil kontinuierlicher Makroporen bei Pflugverzicht in Folge einer erhöhten Regenwurmabundanz stark erhöhte.

Die vertikale Verteilung der organischen Substanz zeigte nach langjährigem Pflugverzicht eine Anreicherung in der Oberkrume. In der Unterkrume war eine leichte Verringerung der Gehalte an organischer Substanz festzustellen. Generell wirkte sich der Pflugverzicht positiv auf die Verschlammungsstabilität des Bodens und damit auf die Widerstandskraft gegen Bodenerosion aus.

Eine Anreicherung des DL-löslichen Phosphors in der Oberkrume sowie eine Reduzierung in der Unterkrume konnten auch nach zehnjährig konservierender Bodenbearbeitung oder Direktsaat nicht bestätigt werden.

Unser Dank gilt der Südzucker AG - GB Landwirtschaft, für die Bereitstellung der Versuchsflächen und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung der Arbeiten im Rahmen des Forschungsverbundes "Elbe-Ökologie".

Literatur

DIN, Deutsches Institut für Normung eV. [Hrsg.] (2000): Handbuch der Bodenuntersuchungen: Terminologie, Verfahrensvorschriften und Datenblätter; physikalische, chemische, biologische Untersuchungsverfahren; gesetzliche Regelwerke. Beuth, Berlin, Wien, Zürich.

Edwards, C.A., Bohlen, P.J. (1996): Biology and ecology of earthworms. Chapman and Hall, London, Third edition, 426 S.

KA 4, AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, Hannover, 4. erweiterte Auflage, 392 S.

Krück, S., Nitzsche, O., Schmidt, W., Uhlig, U. (2001): Einfluss der Bodenbearbeitung auf Bodenleben und Bodenstruktur. Mitt. der dt. Bodenkundl. Gesellschaft 96(2), S. 747-748.

Murer, E.J., Baumgarten, A., Eder, G., Gerzabek, M.H., Kandeler, E., Rampazzo, N. (1993): An improved sieving machine for estimation of soil aggregate stability (SAS). Geoderma, 56, 539-547.

Nitzsche, O., Krück, S., Schmidt, W., Richter, W. (2001): Reducing soil erosion and phosphate losses and improving soil biological activity through conservation tillage systems. In: I World Congress on Conservation Agriculture, Madrid, 1-5 October, 2001: Garcia-Torres, L., Benites, J., Martinez-Vilela, A. (Hrsg.), Volume II, S. 185-189.

Schmidt, W., Stahl, H., Nitzsche, O., Zimmerling, B., Krück, S., Zimmermann, M., Richter, W. (2001): Konservierende Bodenbearbeitung - die zentrale Maßnahme eines vorsorgenden und nachhaltigen Bodenschutzes. Mitt. der dt. Bodenkundl. Gesellschaft 96(2), S. 771-772.

Uhlig, U. (2001): Erfassung der Makroporenzahl und -verteilung langjährig differenziert bearbeiteter Ackerflächen unter besonderer Berücksichtigung der Bodenerosion. Diplomarbeit, HTW-Dresden.

VDLUFA-Methodenvorschriften (1991): Die Untersuchung von Böden. VDLUFA-Verlag, Darmstadt, Bd. I, 4. Auflage, Bassler, R. (Hrsg.).

Vorsorge gegen Bodenerosion im Sinne guter fachlicher Praxis

Frielinghaus, Monika, ZALF Müncheberg¹, Brandhuber, Robert, BLBP Freising; Schmidt, Walter-Alexander, LfL Leipzig

1. Problemstellung

Die Erosionsprozesse sind bekannt und vielfach beschrieben worden. Wie sind die tatsächlichen Wirkungen hinsichtlich der Nachhaltigkeit einzuschätzen?

Die **flächeninternen Wirkungen (Onsite-Folgen)** der Bodenerosion wurden hinsichtlich der Reduzierung der Ertragsfähigkeit durch ständigen Boden- und Humusabtrag für verschiedene Standorte Deutschlands abgeschätzt. So ist auf den Hängen oder winderosionsgefährdeten Flächen oftmals ein Ertragsrückgang bis auf 30 % registriert worden (Richter, 1965 und 1998; Frielinghaus et al., 1999). Die direkten mechanischen Schäden an Pflanzen führen besonders bei Zuckerrüben und Gemüsekulturen alljährlich zu Ausfällen oder zusätzlichen Kosten für eine Neubestellung auf geschädigten Flächen. Die negativen Folgen für die ökologisch bedeutsamen Bodenfunktionen und ihre nachhaltige Gewährleistung ergeben sich aus der Abnahme des Bodenvolumens für Speicherung, Pufferung, Filterung, als Pflanzenstandort und als Lebensraum für Mikroorganismen und Bodentiere. Der bevorzugte Abtransport von Feinanteilen und Humusstoffen oftmals über viele Jahre hinweg führt besonders auf Standorten mit geringem durchwurzelbaren Raum zu negativen Bodenveränderungen.

Die **flächenexternen Wirkungen (Offsite-Folgen)** wurden im Falle der Wassererosion besonders hinsichtlich der Gewässereutrophierung bewertet. Von den diffusen Stickstoffeinträgen in die Flussgebiete von Donau, Rhein und Elbe werden 1,8 bis 2,8 % auf Bodenerosion zurückgeführt (Zeitraum 1993 - 1997). Die erosionsbedingten Phosphoreinträge werden z. B. für die Donau mit 40,3 %, für den Rhein mit 21,5 % und für die Elbe mit 25,0 % der diffusen Einträge geschätzt (UBA - Texte 75/99). Die differenzierten Angaben deuten auf die Schwierigkeiten bei der genauen Schätzung hin, die potenziellen Gefahren für die Gewässer und damit die Nord- und Ostsee und das Schwarze Meer werden aber deutlich (Braun et al., 1997). Binnengewässer oder Feuchtbiotope mit hohem Naturschutzwert können unmittelbar durch Schadstoffschübe infolge starker Niederschläge im Sommer oder langanhaltender Winterniederschläge gefährdet sein, wenn sie in erosionsgefährdeten Landschaften liegen. Im Falle der Winderosionsschäden ist eine Schätzung der Atmosphärenbelastung oder der Einträge in weiter entfernte Ökotope noch nicht möglich. Durch Wind verlagerte Schadstoffe sind aber in weit entfernten Akkumulationsbereichen nachgewiesen worden (Steiner, 1996).

Die erosionsbedingte Verlagerung von Pflanzenschutzmitteln ist zur Zeit noch nicht ausreichend untersucht und nach ersten Aussagen nur sehr begrenzt von Bedeutung (Frielinghaus et al, 2001).

2. Vorgehensweise

Die langjährigen Messungen der Bodenverlagerung durch Erosion in verschiedenen Regionen Deutschlands haben zur Fixierung des Problems im Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG, 1998) sowie in der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV, 1999) geführt. Damit öffnet das

¹ eMail: frielinghaus@zalf.de

Bodenschutzrecht den Weg, im Rahmen der guten fachlichen Praxis (§ 17 BBodSchG) erosionsmindernde **Vorsorge-Maßnahmen** verbindlicher zu empfehlen. In Einzelfällen wird allerdings nach der Feststellung einer schädlichen Bodenveränderung oder eines Umweltschadens und nach erfolgter Beratung auch von der Möglichkeit Gebrauch gemacht werden müssen, Schutzmaßnahmen anzuordnen.

Da es immer wieder zu Unklarheiten zwischen den Begriffen **Vorsorge** und **Gefahrenabwehr** kommt, wird in nachfolgenden Abbildungen 1 u. 2 versucht, die Zusammenhänge darzustellen.

Abb.1: Unterschied zwischen Vorsorge und Gefahrenabwehr im Gesetz (Tenholtern , 2002)

Vorsorge		Gefahrenabwehr
Schadenseintritt ist aufgrund praktischer Vernunft ausgeschlossen, wohl aber möglich	Schadenseintritt ist bei Anhalten weiterer Einwirkungen (z. B. Stoffeinträge) zu besorgen	Schadenseintritt ist hinreichend wahrscheinlich
		
Bereich des Restrisikos	Beginn des unerwünschten Risikos	Beginn des nicht mehr hinnehmbaren Risikos
?	?	
Vorsorgewert	Prüfwert und /oder Maßnahmewert	

Abb.2: Vorsorge und Gefahrenabwehr am Beispiel der Bodenerosion

Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung durch Bodenerosion	Drohende schädliche Bodenveränderung durch Bodenerosion	Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung durch Bodenerosion
Vorsorge	Gefahrenabwehr	Gefahrenabwehr
§ 17 BBodSchG Gute fachliche Praxis - Beratung	§ 8 BBodSchG Beratung und Anordnung	§ 5 und § 8 BBodSchV Anordnung
Maßnahmenkomplexe		

Da die Unterscheidung zwischen Vorsorge und Gefahrenabwehr im nichtstofflichen Bodenschutz nicht ganz einfach ist, daraus aber doch eine unterschiedliche Herangehensweise bei den notwendigen Bodenschutzempfehlungen resultiert, wurde ein Indikationskonzept entwickelt, um die tatsächliche Gefährdung der Standorte einschätzen zu können.

Abb.3: Schema zur schrittweisen standortspezifischen Ermittlung der Erosionsgefährdung

1. Schritt		
Bewertung des Standortes (Indikatoren: Bodensubstrat / Bodenhydrologie / Geländemorphologie) ergibt die POTENZIELLE GEFÄHRDUNG [A]		
2. Schritt		
Bewertung der Bodennutzung (Indikator: Bodenbedeckung und Bodenbearbeitung) ergibt das NUTZUNGSRIKO [B]		
3. Schritt		
Aus der Potenziellen Gefährdung und dem Nutzungsrisiko ergeben sich die TATSÄCHLICHEN RISIKEN DER BODENEROSION*, DENEN KONSEQUENZEN FÜR DIE VORSORGE FOLGEN [C]		
Niedrig [C1] Vorsorge ist gewährleistet	Mittel [C2] Vorsorge ist in kritischen Bereichen nicht gewährleistet	Hoch [C3] Vorsorge ist nicht gewährleistet, Gefahren möglich

Abb. 4. Methoden und Ergebnisse der schrittweisen Indikation

	Schritte	Ergebnisse
1	Bewertung des Zustandes und der Belastbarkeit von Böden und Standorten (verschiedene Methoden und Datenbasen in den Ländern)	Karten der potenziellen Wasser- und Winderosionsgefährdung
2	Bewertung der Hangmorphologie (Tiefenlinien) und der Windoffenheit	Karten der präzisierten Erosionsgefährdung einer Region mit Schwerpunkten
3	Bewertung der langfristigen Wirkung der Landnutzung auf die Gefährdung	Regionsspezifische Karten, basierend auf der Strukturierung der Agrarlandschaft (Wald, Grünland, Ackerland)
4	Bewertung der mittelfristigen Wirkung der agrarischen Landnutzung	Betriebliche Bewertung der Anbausysteme hinsichtlich der Erosionsgefährdung (Indikator Bodenbedeckung)
5	Bewertung der tatsächlichen Wasser- und Winderosionsgefährdung	Karten der Schwerpunkte einer Region, für die vorrangig Entscheidungen zu treffen sind
6	Parzellenscharfe Ermittlung der Bodenbedeckung u. -bearbeitung in Anbaufolgen	Schlagweise Bewertung der Bodenbedeckung und Bodenstruktur in zeitlicher und räumlicher Verteilung
7	Parzellenscharfe Ermittlung von lokalen Wassererosionssystemen (Offsiteschäden) auf Acker- und Nachbarflächen	Karte mit Ausgrenzung lokaler Formen und Pfade nach Erosionsereignissen für spezielle Maßnahmen
8	Bewertung von Gewässerrandstreifen und Flurgehölzen hinsichtlich ihrer Bremswirkung	Karte mit Qualitätsklassen der Gewässerrandstreifen und Windschutzpflanzungen
9	Ableitung von Vorsorgemaßnahmen für einen nachhaltigen Boden- und Landschaftsschutz auf betrieblicher Basis oder für einzelne Regionen mit Erosionsgefährdung	

Wie aus den Übersichten hervorgeht, wird zwischen der einmal als Grundlage für Entscheidungen durchzuführenden Standortbewertung und der Bewertung des nutzungsbedingten Risikos, das wiederholt zu erfolgen hat, unterschieden.

Zur standortbedingten Gefährdung :

Die Bewertung des potenziellen Erosionsrisikos eines Standorts kann nach verschiedenen Verfahren oder Modellen erfolgen. Während z. B. in Bayern, Baden-Württemberg und Thüringen die Datenbanken für die Risikoabschätzung der Wassererosion mittels der ABAG zur Verfügung stehen (Schwertmann et al., 1990), wird in Niedersachsen ein variiertes Vorgehen im Rahmen von NIBIS bevorzugt (Müller et al., 1992). In Sachsen wird von Fachbehörden das physikalisch begründete Modell EROSION 2D/ 3D angewendet, mit dem der Einfluss der Bodenbearbeitung, der Topographie und von Einzelregenereignissen auf die Erosion stärker erfasst werden als in der ABAG (Schmidt et al., 1996).

In den neuen Bundesländern liegen die Datenbanken der MMK flächendeckend digitalisiert vor (Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung, Lieberoth et al., 1983). Daher wird die potenzielle Gefährdung durch Wasser- und Winderosion in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern auf dieser Basis ermittelt (Frielinghaus et al., 1999). Dort, wo möglich oder erforderlich, kann eine Präzisierung mittels Einbeziehung regionsspezifischer Besonderheiten wie Tiefenlinien oder Talwege oder erhöhte Windoffenheit erfolgen.

Ergebnis der Standortbewertung können Karten verschiedener Maßstäbe (Region bis Betrieb) der potenziellen Wasser- bzw. Winderosionsgefährdung oder auch die Gefährdungseinstufung eines Einzelschlages sein. (Winnige et al., VDLUFA 2002)

Diese Informationen brauchen nur einmal als Grundlage beschafft und können dann als Datenbanken gepflegt werden, weil sich die zugrundeliegenden Daten in der Regel nur in sehr langen Zeiträumen verändern.

Zum nutzungsbedingten Risiko:

Bodennutzung und -bewirtschaftung beeinflussen entscheidend die tatsächliche Erosionsgefährdung. Hier liegen auch die Einflussmöglichkeiten der Landwirte. Wegen der ausschlaggebenden Bedeutung muss die Beurteilung von Bodennutzung und Bodenbewirtschaftung für Standorte mit erhöhtem potenziellen Risiko möglichst genau erfolgen (Frielinghaus et al., 2000). Die hierfür geeignete Methode richtet sich nach den verfügbaren Daten und den örtlichen Erfahrungen. Zur Einschätzung der Fruchtarten und Anbaufolgen hinsichtlich ihres Bedeckungsgrades kann auf regionsspezifische Erfahrungen und auf vorhandene Daten zurückgegriffen werden. Der C-Faktor, d. h. der Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor der ABAG ist in einigen Bundesländern eingeführt und wird dort mit Erfolg angewendet (Schwertmann et al., 1990). Er erlaubt über relative Vergleiche mit der Brache eine Einschätzung der aktuellen Erosionsgefährdung einer Ackerfläche. Mit Hilfe des physikalisch begründeten Erosionsmodells EROSION 2D/3D gelingt ebenfalls eine Abschätzung der Wassererosionsgefährdung von Ackerflächen in Abhängigkeit von Bedeckungsgrad, Bodenbearbeitung, Bodenfeuchte usw. (Schmidt, 1996). Über die Klassifizierung auf der Basis von Fernerkundungsaufnahmen oder über die Bewertung nach einer ausführlichen Matrix werden in einigen Bundesländern sehr gute Erfolge erzielt (Frielinghaus et al., 2001). Ein wesentlicher, gleichzeitig schnell zu bestimmender Indikator ist die aktuelle Bodenbedeckung auf Ackerflächen, die sehr einfach zu handhaben ist.

Die Bodenbedeckung, die für einen wirksamen Schutz vor Wasser- und Winderosion notwendig ist, wurde in langjährigen Experimenten ermittelt (Tab.1).

Tab. 1: Notwendige Bodenbedeckung (% oder t je ha) zur wirksamen Reduzierung des Bodenabtrages (langjährige Experimente , Frielinghaus et al., 1999)

Boden- bedeckung %	Pflanzenrück- stände in Trockenmasse t/ha	Oberflächen- abfluss %	Bodenabtrag Wassererosion %	Bodenabtrag Winderosion %
0	0	45	100	100
ca. 20 - ca 30	0,5	40	25	15
ca. 30 - ca 50	2	< 30	8	3
ca. 50 - ca 70	4	< 30	3	<1
> 70	6	< 30	< 1	<1

Diese Bodenbedeckung ist sowohl durch eine entsprechende Anbau- und Fruchtfolgegestaltung als auch durch konservierende Bodenbearbeitung zu realisieren (Tab. 2).

Tab. 2: Vergleich verschiedener Parameter in einem Bodenbearbeitungsversuch mit Zuckerrüben auf einer Pseudogley-Parabraunerde (Beregnungsversuch mit einem Regensimulator, Nitzsche et al., 2000)

		Bodenbearbeitung		
		Konventionell	Konservierend I mit Mulchsaat*	Konservierend II mit Mulchsaat**
Bedeckungsgrad	[%]	1	30	70
Bodenabtrag	[g]	318	138	26
Abfluss	[l]	21	12	3
Infiltrationsrate	[%]	49	71	92
Aggregatstabilität	[%]	30	43	49

*: Konservierend I: 1x Stoppelbearbeitung, 1x Grubber im Herbst, Senfaussaat, 1x Saatbettbereitung flach

** : Konservierend II: keine Bearbeitung im Herbst, Senfaussaat mit Schleuderstreuer, 1x Saatbettbereitung flach



Bild 1 a u. b. Mais in konventionellem und konservierendem Anbau

3. Empfehlung von Maßnahmen , die dem tatsächlichen Risiko der Bodenerosion entsprechen

Gemäß § 17 BBodSchG soll Erosion möglichst vermieden werden. In dieser Hinsicht verfügt die Praxis über verschiedene Schutzmaßnahmen, wie sie z. B. in der Broschüre „Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung“ (BMELF, 1999) zusammengefasst sind.

Diese Vorsorgemaßnahmen sind situations- und standortbezogen einzeln oder in Kombination zu ergreifen, wenn ein potenzielles oder tatsächliches Erosionsrisiko besteht. Dies bedeutet, dass auf Ackerschlägen, die z. B. auf Grund geringer Hangneigung zunächst als wenig gefährdet eingestuft werden, im Einzeljahr (z. B. beim Anbau von Mais) wegen des hohen Nutzungsrisikos trotzdem Bodenschutzmaßnahmen durchgeführt werden müssen.

Entsprechend der in der Abbildung 3 vorgegebenen Bewertung bezüglich der Erosionsgefährdung einer Ackerfläche werden folgende Empfehlungen gegeben:

- In der Gefährdungsstufe „niedrig“ ist die Bodenbewirtschaftung dem Gefährdungspotenzial des Standortes angepasst, allgemeine acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen bestimmen die gute fachliche Praxis.

Zu empfehlende Maßnahmen im Sinne der guten fachlichen Praxis bei niedriger Erosionsgefährdung sind:

Allgemeine acker- und pflanzenbauliche Bodenschutzmaßnahmen

- Minimierung der Zeitspannen ohne Bodenbedeckung, a. durch Fruchtfolgegestaltung, Zwischenfrüchte, Untersaaten und Strohmulch.
- Vermeidung hangabwärts gerichteter Fahrspuren.
- Vermeidung bzw. Beseitigung infiltrationshemmender Bodenverdichtungen.
- Aufbau und Erhalt verschlammungsmindernder stabiler Bodenaggregate durch Förderung der biologischen Aktivität sowie durch Kalkung u. ä.



- In der Gefährdungsstufe „mittel“ sollten die vorsorgenden allgemeinen acker- und pflanzenbaulichen Schutzmaßnahmen durch spezielle Verfahren zur Erhöhung der Bodenbedeckung, also spezielle erosionsmindernde Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren, ergänzt und in jedem Fall umgesetzt werden. Einzelfallentscheidungen helfen klären, ob die Vorsorgepflicht nach dem BBodSchG erfüllt ist. Dazu muss notwendiger Sachverstand durch Fachleute vorhanden sein oder eingeholt werden.

Zu empfehlende Maßnahmen im Sinne der guten fachlichen Praxis bei mittlerer Erosionsgefährdung sind (ergänzend zu den allgemeinen acker- und pflanzenbaulichen Schutzmaßnahmen):

Erosionsmindernde Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren

- Mulchsaat möglichst ohne Saatbettbereitung im Sinne des Belassens einer bodenschützenden Mulchauflage sowie des Erhalts stabiler Bodenaggregate.
- Konservierende Bodenbearbeitung mit Mulchsaat möglichst im gesamten Fruchtfolgeverlauf anstreben, mindestens jedoch zu einzelnen, von Erosion besonders betroffenen Fruchtarten (Mais, Zuckerrüben) im Sinne eines flächenhaft wirkenden Bodenschutzes.



- In der Gefährdungsstufe „hoch“ besteht dringender Handlungsbedarf bezüglich der umfassenden Anwendung von Erosionsschutzmaßnahmen als Vorsorge gegen Bodenerosion. In diesem Fall sollten im Sinne der guten fachlichen Praxis die allgemeinen acker- und pflanzenbaulichen sowie die spezifischen erosionsmindernden Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren angewendet und möglichst durch nachstehend aufgeführte Maßnahmen der Flurgestaltung und/oder Nutzungsänderungen ergänzt werden.

Erosionsmindernde Flurgestaltung/Nutzungsänderung

- Anlage paralleler Streifen quer zu Gefälle und Hauptwindrichtung mit Wechsel der Fruchtart oder Einsaat abflussbremsender Grasstreifen.
- Schlagunterteilung durch Anlage von Schutzstreifen (z. B. Gehölze, Feldraine), Wegen mit Gräben bzw. durch Anlage von Windschutzstreifen quer zum Gefälle bzw. zur Hauptwindrichtung.
- Nutzungsänderung auf Teilflächen.
- Gewässerrandstreifen und Filterzonen.



In diesem Sinne muss ein Landwirtschaftsbetrieb aus den zusammengestellten Maßnahmen diejenigen auswählen bzw. kombinieren, welche die Bodenerosion im Sinne der Vorsorge vermindern bzw. vermeiden helfen. Zu berücksichtigen ist, dass die Umsetzung bestimmter Bodenschutzmaßnahmen, wie z. B. eine erosionsmindernde Flurgestaltung, nur mittel- bis langfristig möglich ist. Um die dauerhafte Anwendung z. B. der konservierenden Bodenbearbeitung mit Mulchsaat als zentrales Element des vorsorgenden Bodenschutzes zu befördern, ist es weiterhin notwendig, Lösungen für hierbei noch bestehende Umsetzungsprobleme (z. B. Unkraut- und Krankheitsbekämpfung, Strohmanagement usw.) zu erarbeiten. Darüber hinaus sollte durch eine umfangreiche Beratung von Landwirten die Anwendung dieser neuen, bodenschützenden Bestellverfahren beschleunigt werden.

Literatur

- BMELF (1999): Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung. Broschüre, 24 Seiten, Hrsg. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Referat Öffentlichkeitsarbeit, Postfach, 53107 Bonn.
- Frielinghaus, M.; Brandhuber, R., Schmidt, W.-A.; Gullich, P.: Vorsorge gegen Bodenerosion in: Gute Fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Schadverdichtung und Bodenerosion. BMVEL 2001
- Nitzsche, O.; Schmidt, W. u. W. Richter (2000): Minderung des P-Abtrags von Ackerflächen durch konservierende Bodenbearbeitung. Mittlg. Bodenkdl. Gesellsch. 92, S. 178-181.
- Schmidt, D. (1999): Trespen in der Fruchtfolge bekämpfen. Landwirtschaft ohne Pflug, 2/1999, S. 10-12.
- Schmidt, W.; Michael, A. u. J. Schmidt (1997): Ergebnisse von Bodenabtragsmessungen auf konservierend bestellten Ackerflächen als Beratungsgrundlage für wassererosionsmindernde Anbauverfahren in Sachsen. VDLUFA-Schriftenreihe 46, Kongreßband 1997, S. 675-678.

Bodenphysikalische Grundlagen des SVGK-Verfahrens zur Vorsorge gegen Schadverdichtungen

Petelkau, Heinz (Müncheberg); Seidel, Klaus; Frielinghaus¹, Monika

Nachhaltiger Bodenschutz vor technogenen Schadverdichtungen kann nur durch vorsorgende Begrenzung des Kontaktflächendrucks, der Radlasten und der Häufigkeit der Verdichtungsimpulse durch landtechnische Fahrwerke in Abhängigkeit vom Verformungswiderstand der Böden zum Zeitpunkt des Befahrens gewährleistet werden. Im § 17 BBodSchG heißt es, dass

- "(1.) die Bodenbearbeitung unter Berücksichtigung der Witterung grundsätzlich standortangepasst zu erfolgen hat,
(2.) die Bodenstruktur erhalten oder verbessert wird,
(3.) Bodenverdichtungen, insbesondere durch Berücksichtigung der Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und des von den zur landwirtschaftlichen Bodennutzung eingesetzten Geräten verursachten Bodendrucks, soweit wie möglich vermieden werden".

Auf die Erfüllung dieser Forderungen zielt das SVGK-Verfahren (Petelkau, H. et al. 1998, 1999, 2000, 2001). Die vier Säulen des SVGK-Verfahrens sind:

1. Zuordnung der Ackerflächen zu **SchadVerdichtungsGefährdungsKlassen** entsprechend der **Belastbarkeit** der vorliegenden Bodenarten in Krume und Krumenbasis.

Belastbarkeit: Zulässiger Bodendruck der landwirtschaftlichen Fahrwerke, der unter Berücksichtigung von Kontaktflächendruck, Radlast und Überrollhäufigkeit in Abhängigkeit von der aktuellen Bodenfeuchte nicht zu Schadverdichtung des Bodens führt.

Schadverdichtung: Technogene Bodenverdichtung über die Obergrenzen bodenartabhängiger Bereiche der Optimalen Lagerungsdichte hinaus.

Optimale Bodenlagerungsdichte: Bodenartspezifischer Lagerungsdichtebereich von Krumen- und krumennahen Unterböden, bei dem solche Porositäts- und Festigkeitsbedingungen vorliegen, die für Durchwurzelbarkeit, Bodenluft-, Wasser- und Wärmehaushalt sowie Transformations- und Regulationsprozesse optimale Voraussetzungen bieten, so dass das Fruchtbarkeitspotential der Böden standortabhängig bestmöglich verwertet und hohe Pflanzenerträge erzielt werden können.

2. Pflanzenbaulich und bodenphysikalisch begründete Definition der Schadgrenzen des Bodendrucks der Landtechnik in der Feldwirtschaft.
3. Bewertung von Traktoren, Landmaschinen und Transportmitteln hinsichtlich der verdichtenden Wirkung ihrer Fahrwerke bei Momentbelastung der Böden auf der Grundlage der vorliegenden Ergebnisse spezieller Kompressions- und Schertests und Zertifizierung der Eignung für den bodenschonenden Einsatz in unterschiedlichen SVGK.

¹ eMail: frielinghaus@zalf.de

4. Bewertung von Anbauverfahren auf der Grundlage positionsgerechter Belastungsanalysen und ggf. Schlussfolgerungen für Änderungen der Verfahrensgestaltung und der technischen Ausrüstung.

Dieser Beitrag befasst sich mit den konzeptionellen und experimentellen Grundlagen für

- die Beschreibung pflanzenbaulich begründeter optimale Bodenlagerungszustände anhand bodenphysikalischer Kenngrößen und die Definition der Schadgrenzen des Bodendrucks für unterschiedliche Böden,
- die Modellierung des Verdichtungsverhaltens der Böden bei kurzzeitiger Belastung entsprechend der Einwirkungsdauer der Fahrwerke im technologischen Prozess der mechanisierten Feldarbeiten in Abhängigkeit von der Bodenart sowie vom Gehalt an beweglichem Bodenwasser und organischer Bodensubstanz.

Die Lagerungsdichte des Bodens ist die primäre Messgröße für die quantitative Bemessung des Verdichtungs Zustands. (Andere Parameter, wie Porenvolumen oder Porenziffer, beruhen auf der Lagerungsdichte und lassen sich bei Kenntnis der Reindichte umrechnen.) Unter bestimmten Voraussetzungen und bei Einhaltung methodischer Maßgaben ist die Lagerungsdichte auch der bestgeeignete Parameter zur qualitativen Kennzeichnung bodenphysikalischer Potentiale, aber auch der Funktionalität der Porensysteme.

Die Ermittlung von bodenartspezifischen Optimalbereichen der Lagerungsdichte erfolgte in langjährigen Freilandmodellversuchen an verschiedenen Standorten unter natürlichen Witterungsbedingungen (ohne Zusatzbewässerung). Die Krumenlagerungsdichte der Parzellen wurde vor der Aussaat der Versuchspflanzen (Getreidearten, Kruziferen, Kartoffeln, Zuckerrüben) mehrfach gestuft sorgfältig eingestellt und bis zur Ernte nicht verändert, da die Versuchsflächen nicht befahren oder betreten worden sind. (Die gesamte Bewirtschaftung erfolgte über Laufbrücken, selbst die "überlockerten" Varianten behielten ihre geringe Lagerungsdichte bis zur Haupternte im Wesentlichen bei.) Mit einem intensiven Messprogramm sind parallel zur Erfassung der oberirdischen Stoffproduktion über Zwischenernten wichtige bodenphysikalische Messgrößen kontinuierlich oder kurzperiodisch bestimmt werden. In einem Langzeitversuch auf Sandtiefler-Fahlerde konnten mit Hilfe eingebauter Messrohre, -kammern und -fühler Bodenwassergehalt, Bodenluftzusammensetzung [O_2 , CO_2], Gasdiffusion, Luftpermeabilität und Bodentemperatur zerstörungsfrei gemessen werden. Ebenso ließ sich mittels eines radiologischen Verfahrens die Verteilung der pflanzlichen Wurzelsysteme bis 1 m Tiefe abbilden. In einem Parallelversuch mit Unterdrucklysimetern wurde der Einfluss der Krumenlagerungsdichte auf den Bodenwasserhaushalt anhand der Prüfglieder "locker-optimal, jährliche krumentiefe Lockerung" und "mäßig verdichtet, unbearbeitet-Direktsaat" langjährig untersucht. In den Versuchen zeigte sich der enorme Einfluss der Krumenlagerungsdichte auf Wachstum und Erträge der angebauten Pflanzen. Aufgang, Jugendentwicklung, Eindringtiefe sowie Morphologie der Wurzelsysteme und die pflanzliche Biomasse bis hin zum Endertrag waren in hohem Maße von der Lagerungsdichte der Krume abhängig. Zu allen Ernteterminen ließ sich der oberirdische Trockenmasseertrag bzw. das Haupternteprodukt variationsanalytisch mit hoher Bestimmtheit auf die Lagerungsdichte der Ackerkrume zurückführen und durch linear-quadratische Funktionen quantifizieren (Abb. 1).

Die Lage der Parabeln über der Lagerungsdichte als Abzisse ist an die Textur und den Humusgehalt des jeweiligen Standortes gebunden. Gravierende Unterschiede der lagerungsdichteabhängigen Kurvenpositionen an einem Versuchsstandort zwischen den untersuchten Fruchtarten oder in Jahren mit witterungsbedingt vom Mittel abweichenden Erträgen gab es nicht. Der Lagerungsdichtebereich unter dem Scheitel der Parabeln wird als "Substratspezifischer Bereich der optimalen Lagerungsdichte" bezeichnet und ist definiert durch den Lagerungsdichtewert beim Maximalertrag $\pm 0,05 \text{ g/cm}^3$. Um zu einer Verallgemeinerung der erkannten Abhängigkeiten über die Standorte bzw. Bodenarten hinweg zu kommen, sind die erzielten Pflanzenerträge relativiert (Maximalertrag = 100 %) und in ihrer Abhängigkeit vom oberen Grenzwert des jeweiligen Optimalbereiches auf die Lagerungsdichte im Ap bezogen worden (Abb. 2).

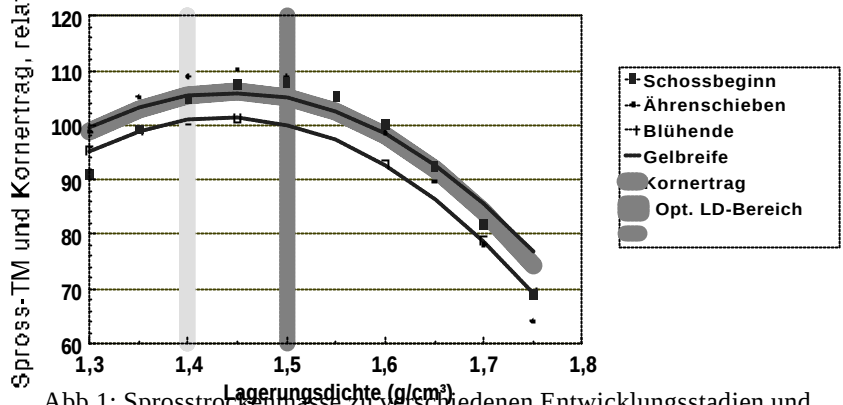
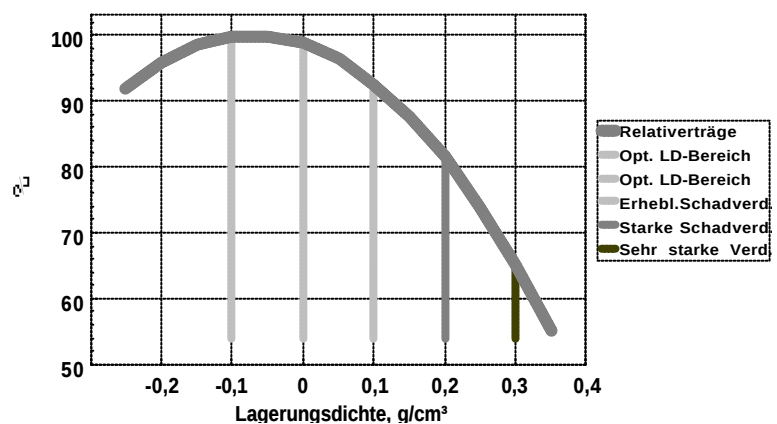


Abb. 1: Sprossstreckmasse zu verschiedenen Entwicklungsstadien und Korntrag von Getreide in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte im Ap. Mittelwerte aus 11 Anbaujahren (5 x S.Gerste, 4 x W.Weizen, 2 x W. Roggen). Versuchsmittel jeweils = 100, Müncheberg, Sandtiefland- Fahlerde, Su2

Die quadratische Regressionsfunktion erreichte bei $n=104$ über die Fruchtarten und Standorte hinweg mit $B=0,76$ eine hohe Bestimmtheit. Anhand der vorhandenen Stützstellen (von Sand bis Ton) ließen sich die oberen Grenzwerte des optimalen Lagerungsdichtebereiches mit der nachstehenden Regressionsgleichung auf die Textur des Feinbodens und den Gehalt an organischer Bodensubstanz ($C_{org} \cdot 1,724$) zurückführen:



(Differenz zum bodenartsspezifischen Grenzwert)
Abb. 2: Abhängigkeit der Relativerträge landwirtschaftlicher Kulturpflanzen von der Lagerungsdichte der Ackerkrume

$$y = 1,4772 - 0,0037168 \cdot x_1 + 0,000026574 \cdot x_1^2 + 0,0022037 \cdot x_2 - 0,000037645 \cdot x_2^2 + 0,028195 \cdot x_3 - 0,0082145 \cdot x_3^2$$

darin ist

y = Lagerungsdichtegrenzwert

x_1 = Tongehalt in % des Feinbodens

x_2 = Schluffgehalt in % des Feinbodens

x_3 = Gehalt an organischer Bodensubstanz in %.

Für die Krumenbasis gelten Lagerungsdichtewerte, die nach folgender Regressionsgleichung berechnet werden können:

$$y = 1,6723 - 0,0043661 \cdot x_1 - 0,00056209 \cdot x_2$$

Bei gleicher Korngrößenzusammensetzung sind die Richtwerte für die Lagerungsdichte krumennaher Unterböden um etwa $0,1 \text{ g/cm}^3$ höher als die Grenzwerte für den Krumenbereich. Diese Unterscheidung resultiert vor allem daraus, dass die Normalverdichtung der Krumenbasis infolge der Dauerbelastung durch die darüber befindliche Krume entsprechend höher und auf den meisten Standorten der OBS-Gehalt deutlich geringer ist.

Die Lagerungsdichte beeinflusst das Pflanzenwachstum und die Erträge nicht direkt. Als komplexe Messgröße für den Lagerungszustand des Bodens determiniert sie jedoch in Abhängigkeit von Bodenart und OBS-Gehalt das Speicher- und Leitvermögen für Wasser und Luft (Beispiele in Abb. 3) sowie die Durchwurzelbarkeit und damit die bodenphysikalischen Voraussetzungen für Pflanzenwachstum und Bodenleben.

Wenn die dominierende Stellung der Lagerungsdichte im System Boden-Pflanze und die Eignung dieses Parameters für die Limitierung der mechanischen Bodenbelastung zum Schutz der Böden vor Schadverdichtung bisweilen in Zweifel gezogen wird, so dürfte dies darauf zurückzuführen sein, dass unverzichtbare methodische Voraussetzungen nicht ausreichend gewürdigt werden. Bei der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen der Lagerungsdichte, bodenphysikalischen Eigenschaften und Pflanzenwachstum ist unter Beachtung nachstehender Prämissen wie folgt vorgegangen worden:

- Die Lagerungsdichtebestimmung erfolgte mit 100 cm^3 - Stechzylindern aus glattwandigen Edelstahlrohrabschnitten mit einer Wandstärke von 1mm. (Stechzylinder mit größerem Volumen sind angesichts der ausgeprägten, vor allem technogenen Inhomogenität der Lagerungsdichte und abhängiger Parameter im cm- Bereich auf Produktionsflächen nicht angezeigt; Stechzylinder mit Wandstärken $> 1,5 \text{ mm}$ lassen sich ohne größere Veränderungen des Gefüges nicht eintreiben.)
- Die Stechzylinder sind vertikal bei Bodenfeuchtebedingungen entnommen worden, bei denen weder ein Aufbruch noch eine Stauchung der Volumenproben erfolgt. (Besonders bei bindigen Bodenarten ist der für eine fehlerarme Stechzylinderentnahme geeignete Feuchtebereich bei 60-70% der nFK eng begrenzt.)
- Stechzylinder, insbesondere die für die Bestimmung der differenzierten Porosität oder der hydraulischen bzw. pneumatischen Leitfähigkeit vorgesehenen, sind verworfen worden, wenn sie Wurmgänge, sichtbare Wurzelgänge oder Risse enthielten. Bei der Einschätzung der Potentiale und der Funktionalität des Bodengefüges gebührt der Matrix der absolute Vorrang.
- Bei der Stechzylinderentnahme ist die Belastungsvorgeschichte der Messplätze (z.B. Spurbereiche) insoweit beachtet worden, als die notwendige Anzahl von Parallelproben von in sich homogenen Messplätzen stammte. Auf Praxisflächen erfolgte die Auswahl der Messplätze anhand von Voruntersuchungen mit Penetrometern mit der Zielstellung, einerseits einheitliche Areale auszugrenzen und andererseits die vorliegende Variationsbreite zu erfassen. Bei der Zuordnung der Proben zu den Horizonten und Schichten der Bodenprofile hatte die bodengenetische Gliederung Vorrang vor straffen Vorgaben für die Entnahmetiefe. An den einzelnen Messplätzen zwischen den Stechzylindern entnommene Schüttproben dienten der Feinbodenanalyse (Ton-, Schluff-, Sandgehalt, Feinanteil $< 6,3 \text{ }\mu\text{m}$, Hygroskopizität, C_{org} , pH, aktueller Wassergehalt in Masse-%).

Zur systematischen Aufklärung der Beziehungen zwischen physikalischen Bodeneigenschaften (Bodenfestigkeit als Funktion von Lagerungsdichte und Bodenwassergehalt sowie pneumatischer Leitfähigkeit), Durchwurzelbarkeit und pflanzlicher Stoffproduktion sind im vorm. FZB Müncheberg umfangreiche Vegetationsversuche mit speziellen, zerlegbaren Vegetationsgefäßen in Klimakammern durchgeführt worden (Petelkau und Gätke 1996). Zuerst sind Winterweizen und Sommergerste untersucht worden, später auch andere landwirtschaftliche Kulturpflanzenarten und -sorten. Die Versuche zielten insbesondere darauf ab, die Startphase, also Jugendwachstum und -entwicklung, zu untersuchen, die für den Verlauf der gesamten Ontogenese entscheidend ist.

So wird bei Getreide bereits in den Jugendstadien über wesentliche Ertragskomponenten entschieden:

- Produktive Bestockung $\propto$ ährentragende Halme je Flächeneinheit
- im Halmgrund frühzeitig angelegte maximale Ährenstruktur $\propto$ Kornzahl je Ähre.
(Diese, im frühen Entwicklungsstadium fixierte Ertragskomponente kann im späteren Verlauf nicht mehr positiv verändert werden.)

Die regressionsanalytische Auswertung der Versuchsergebnisse ergab, dass sich die Variation der Sproßtrockenmasse mit hoher Bestimmtheit auf den Verdichtungszustand des Bodens und auf die resultierende Durchwurzelungstiefe (Abb. 4) zurückführen lässt, sofern der Bodenwassergehalt, der das absolute Niveau der Beziehung bestimmt, als Regressor berücksichtigt wird. Die in der Zeiteinheit erreichte Durchwurzelungstiefe ist positiv mit der Gesamtwurzellänge, Feinheit und Verzweigung der Primärwurzelsysteme und mit der Sprossmasse korreliert.

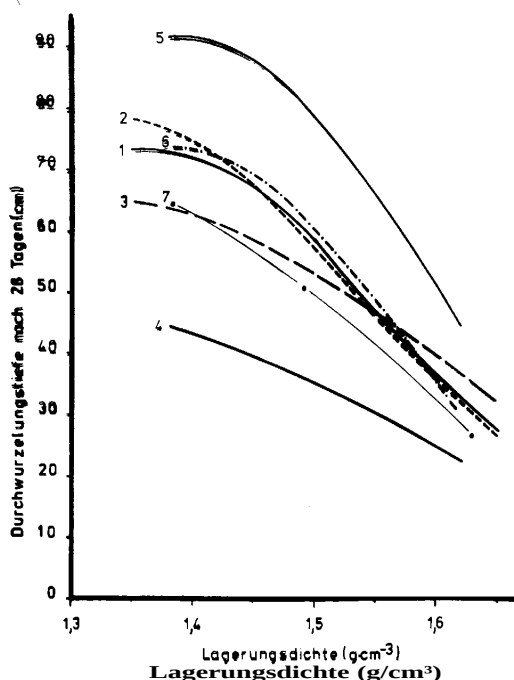


Abb. 4: Durchwurzelungstiefe von Jungpflanzen verschiedener Arten in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte.

Bodenart: SI2

Nr. Pflanze	B(r ²)	Nr. Pflanze	B(r ²)
1 S. Gerste	0,893	2 W. Weizen	0,724
3 W. Roggen	0,878	4 Futtererbse	0,770
5 Ölrettich	0,861	6 W. Raps	0,930
7 Kartoffeln	-		

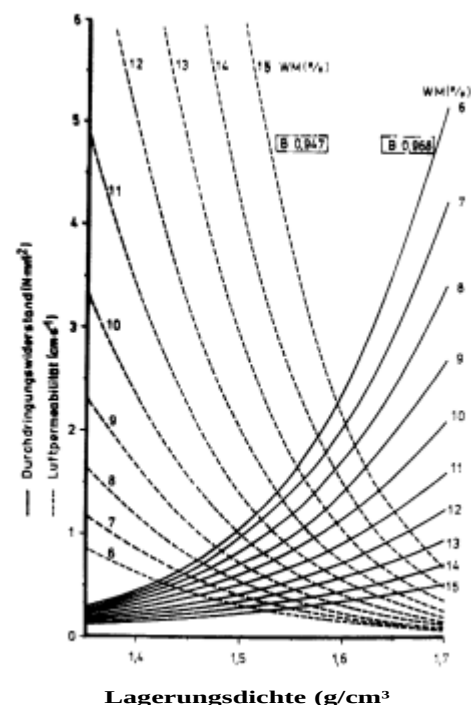


Abb. 5: Abhängigkeit des Durchdringungswiderstands und der pneumatischen Leitfähigkeit von der Lagerungsdichte und vom Wassergehalt des Bodens, Bodenart: SI2

Auch bei diesen Untersuchungen erwies sich die Lagerungsdichte als der bestgeeignete Komplexparameter, der mit den direkt wirkenden Einflussgrößen Bodenfestigkeit und Leitfähigkeit bzw. den Messgrößen Durchdringungswiderstand und pneumatische Leitfähigkeit (zur Kennzeichnung von Volumen und Kontinuität der Grobporen) eng verbunden ist (Abb. 5).

Ebenso ließ sich der Durchwurzelungswiderstand sandiger Böden mit einem Schnelltest unter kontrollierten Bedingungen, bei dem die Keimwurzeln von Sommergerste als sensible "Sonde" dienen, auf die Lagerungsdichte zurück führen (Abb. 6, Dannowski 1994).

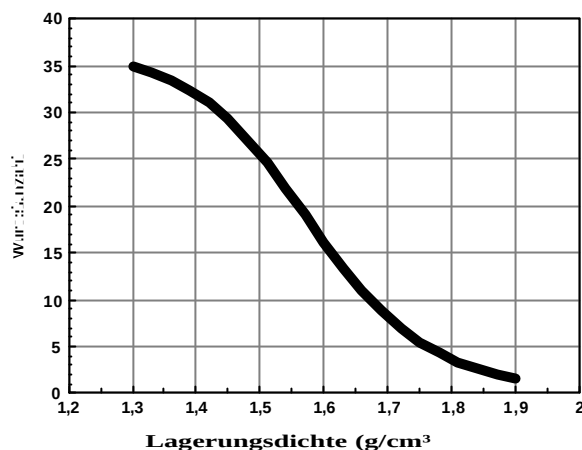
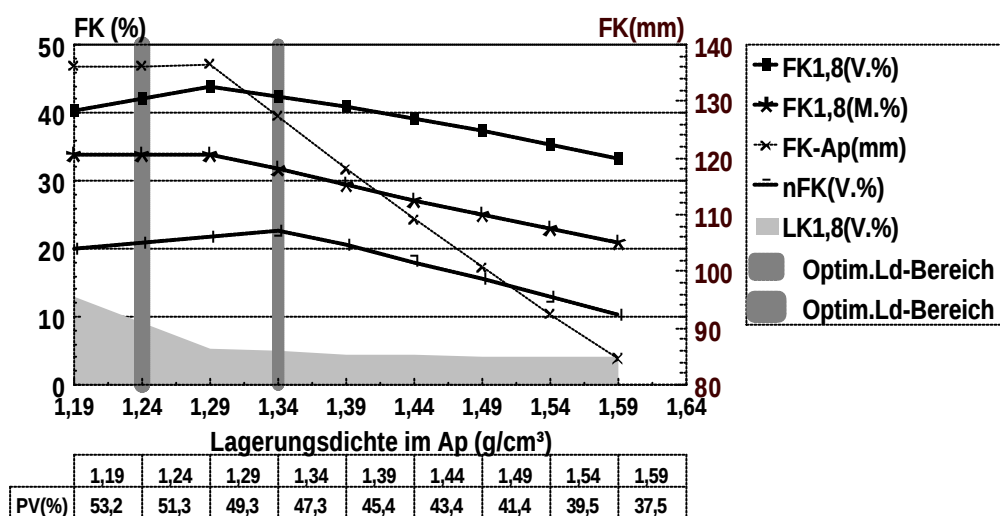
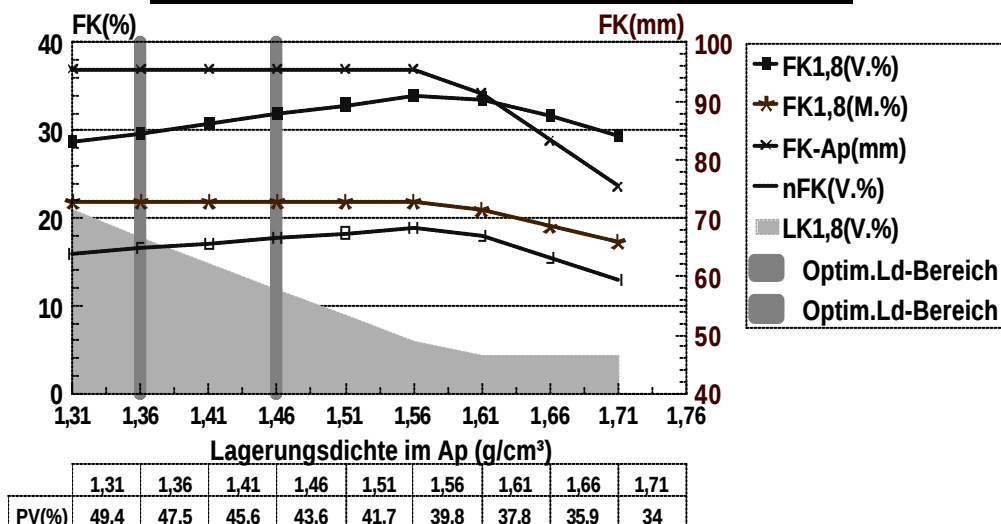


Abb. 6: Durchwurzelbarkeit von Volumenproben sandiger Moränenböden (Su2/SI2) in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte

Bodenart: Tu4, Ton: 30%, Schluff: 68%, OBS: 4,4%



Bodenart: Ls4, Ton: 22%, Schluff: 22%, OBS: 2,7%



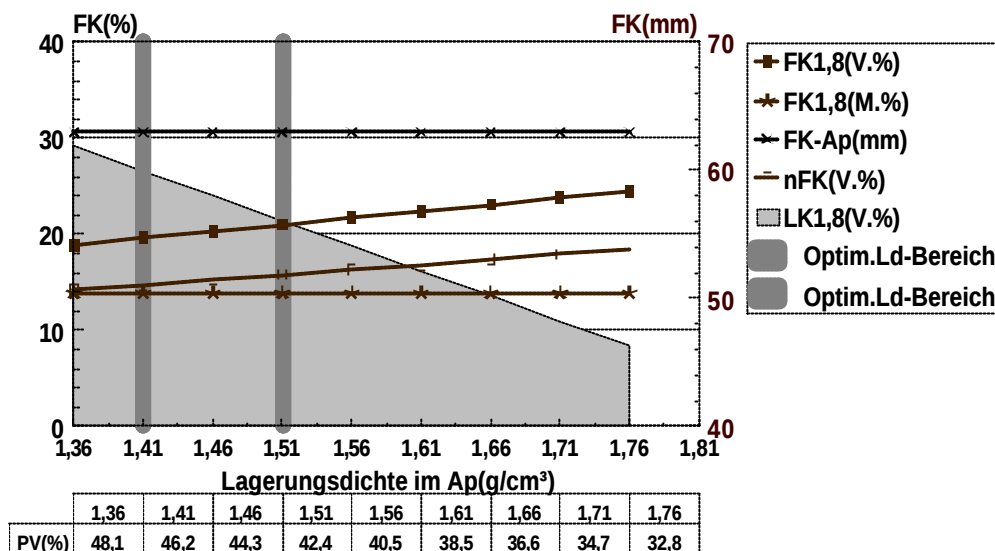
Bodenart: SL2, Ton: 6%, Schluff: 18%, OBS:1,4%

Abb. 3: Wasser- und Luftkapazität unterschiedlicher Böden in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte

Die Fahrgeschwindigkeit von Traktoren und Landmaschinen auf dem Acker beträgt 1,5...3,5 m/s, bei Feldtransporten bis 7 m/s. Diese kurzzeitigen dynamischen Belastungen führen nicht zum Auspressen von Luft und Bodenwasser in einem solchen Maße, dass es der statischen Langzeitbelastung im baugrundmechanischen Ödometerversuch auch nur annähernd entsprechen würde. Der Druck der Fahrwerke verursacht erhebliche Neutralspannungen, vor allem in Form von Porenwasserüberdrücken. Besonders auf bindigen, feuchten Böden können auch zeitweilig größere Drücke der Porenluft in okkludierten Blasen auftreten, woraus eine spezielle Art elastischer Verformung im Bereich der Sofortsetzung resultiert. Auf sandigen Böden mit einem von Natur aus gut ausgeprägten Makroporensystem wird durch den Raddruck die Luft ausgepresst, und die Volumenverminderung (= Lagerungsdichtezunahme) geht zu Lasten der Grobporen, die teilweise zu Mittelporen verengt und damit wasserführend werden. Die durch den Raddruck beim Befahren des Bodens verursachte bleibende (plastische) Verformung beruht auf einem beträchtlich höheren Druck, als im Ödometerversuch für die gleiche Wirkung erforderlich wäre.

Mit dem Ziel, das Verformungsverhalten landwirtschaftlicher Böden bei kurzzeitiger Belastung (Momentbelastung) in größerem Umfang untersuchen und substratabhängige Gesetzmäßigkeiten erkennen zu können, wurde im vorm. FZB Münchenberg ein spezieller "Kompressions- und Schertest" (KST) entwickelt.

Mit diesem Schnelltest sind vorrangig Bodenproben aus dem Ap-Horizont von Ackerstandorten mit nennenswerten Verbreitung untersucht worden. Der Test geht wie folgt vonstatten:

- * Entnahme von "gestörten" Bodenproben außerhalb von Vorgewenden, Abfahrtrassen und sichtbaren Fahrspuren in siebfähiger Konsistenz
- * Sieben des Bodenmaterials über ein 5 mm-Sieb. Beim Siebvorgang Entfernen von groben Beimengungen und Skelettanteilen. (Für den Test wird der Siebdurchgang benötigt, der ohne weitere Zerkleinerungsmaßnahmen gekrümelt das Sieb passiert; damit wird erreicht, dass kompakte oder sehr feste Fragmentgefügekörper mit hoher Aggregatinnendichte von der Untersuchung ausgeschlossen werden, so dass sich die Probe im "Erstverdichtungsgebiet" befindet.)

- * Teilung der Probe in 6...10 Partien (je nach Bodenart), die auf unterschiedliche Feuchtegehalte eingestellt werden (Wasserspannungen zwischen pF 4,2 und pF 1,8
- * Randvolles Befüllen des Probenbehälters mit "homogenisierten" Bodenproben
- * Momentbelastung jeder Probe über einen Druckstempel in den Druckstufen 50, 100, 300 und 500 kPa und Ermitteln der Höhenänderung der Proben. Dabei wird so vorgegangen, dass nach Erreichen der jeweiligen Druckstufe der Druckstempel kurz angehoben und bündig wieder aufgesetzt wird, so dass die bleibende Verformung der Probe gemessen wird.
- * Nach Aufbringen der letzten Belastungsstufe wird die verdichtete Probe mittels einer Hubeinrichtung ca. 20 mm über den Rand des zylindrischen Probenbehälters gehoben und durch einen formschlüssig als Halbschale ausgebildeten Scherarm ohne Auflast abgesichert. Der Maximalwert der aufgewendeten Scherkraft wird registriert
- * Mit Hilfe der Hubeinrichtung wird der Probenbehälter restlos entleert und die gesamte Probe (einschließlich der abgesicherten Teilprobe) über eine Entleerungsmulde aufgefangen
- * Abschließend wird die Masse der Probe durch Wägung bestimmt.

Aus dem KST werden für jede untersuchte Probe folgende Daten festgehalten:

- Höhenänderung nach jeder Druckstufe bzw. Höhendifferenzen zwischen den Druckstufen
- Abscherwiderstand der Probe nach Momentbelastung mit 500 kPa Stempeldruck
- Masse der Bodenprobe
- Aus der Masse der Probe und dem Volumen nach 500 kPa Druckbelastung wird die Feuchtrohdichte der verdichteten Probe errechnet

Auf diese Weise sind 109 unterschiedliche Bodensubstrate in insgesamt 757, also durchschnittlich 7 Feuchtestufen und jeweils 5 Parallelen untersucht worden

Von jedem Boden wurden die nachstehenden Substratkennwerte bzw. bodenphysikalischen Parameter bestimmt:

- Ton-, Schluff- und Sandgehalt des Feinbodens
- Feinanteil < 6,3 µm
- C_{org}-Gehalt
- Wasserkapazität (Masse-%) bei Saugspannungen von 60, 300, 15 000 hPa entsprechend pF 1,8, 2,5 und 4,2 (letzte errechnet aus der Hygroskopizität)

In mehrfaktoriellen Regressionsanalysen ließ sich das mittels KST quantifizierte Verdichtungsverhalten der Böden mit hoher Bestimmtheit auf die Korngrößenzusammensetzung (Tongehalt, Schluffgehalt, Feinanteil), ihren C_{org}-Gehalt und den Gehalt an "beweglichem", nutzbarem Wasser zurückführen.

Das Datenmaterial erlaubte auch die Formulierung von Regressionsgleichungen zur Schätzung des Substrateinflusses auf das Wasserspeichungsvermögen der Böden, gemessen als Wassermasseanteile bei Saugspannungen von 60, 300 und 15 000 hPa.

Der durch hochbestimmte Regressionsfunktionen belegte Einfluß von Substrat und aktueller Bodenfeuchte auf das Verdichtungsverhalten der Böden ermöglicht es, aus den primären Messwerten des KST auf den Ton- und Feinanteil der untersuchten Bodenprobe zu schließen. Rückrechnend lassen sich aus den KST-Meßwerten die hydrologischen Potentiale FK_{1,8}, FK_{2,5} und Totwasser sowie nFK_{1,8}, nFK_{2,5} mit hoher Treffsicherheit schätzen..

Aus der quasilinearen Regressionsgleichung $y = a + b \ln^* p$ (mit y für Lagerungsdichte und p für Druck in kPa) lässt sich der zulässige

Kontaktflächendruck bei der aktuell vorliegenden Bodenfeuchte zur Einhaltung des substratspezifischen Lagerungsdichtegrenzwertes ermitteln. Für die Berechnung der Tiefenwirkung des Raddrucks werden das Modell von NEWMARK, 1942, bzw. (zur besseren Berücksichtigung konkreter Reifen) die modifizierte Methode nach BELKOWSKI u.a. (1989) angewendet.

Für den Definitionsbereich der mittels KST untersuchten Böden, der sich aus Abb. 6 ergibt, liegt das regressionsanalytisch geglättete Datenmaterial mit den Substratkennwerten und den Druck-Verdichtungswerten tabelliert nach Tongehalt (in Stufen von 2 Masse%), und Schluffgehalt (ebenfalls in 2%-Stufen) für die Feuchtestufen 0%, 10%, 20%, ... 90%, 100% der nFK vor. Alle abgeleiteten Parameter wurden für ein mittleres Versorgungsniveau der Böden mit organischer Bodensubstanz ("normalversorgt") errechnet.

Diese umfassende Datei bildet die Grundlage für die vorliegende Ableitung von Grenz- bzw. Richtwerten für die standortabhängig zulässige mechanische Bodenbelastung nach SVGK.

Aus Abb. 7 ist ersichtlich, welche großen Unterschiede in der Belastbarkeit unterschiedlicher Böden bestehen. Der Darstellung kann beispielhaft entnommen werden, dass mit dem derzeitigen Angebot an leistungsstarker Landtechnik auf den besonders schadverdichtungsgefährdeten Standorten mit mischkörnigen sandigen Böden eine bodenschonende Bewirtschaftung im Sinne des BBodSchG nur eingeschränkt möglich ist. Gerade dort, wo wegen der hohen Anteile der Feldwasserkapazität im langsam dränenden Grobporenbereich zwischen 10 und 50 μm eine möglichst frühe Feldbestellung angezeigt wäre, sind Landmaschinen und Feldtransportfahrzeuge mit Fahrwerken, die bei Kontaktflächendrücken um 50 kPa große Radlasten abzustützen vermögen, nur vereinzelt im Angebot. Auf die geringe Belastbarkeit der sandigen Böden lässt sich auch die empirisch erkannte Tatsache kausal zurückführen, dass sich diese Böden für Direktsaatverfahren bzw. für eine Bearbeitung mit starker Reduzierung der Lockerungstiefe nicht eignen. An der Forderung, die Unterböden vor unzulässiger Belastung unbedingt zu bewahren, darf es keine Abstriche geben. Technogene Verdichtungen der Ackerkrume sind auf schadverdichtungsgefährdeten Standorten jedoch wohl unvermeidbar und hinnehmbar, solange die Lagerungsdichte um nicht mehr als 0,1 g/cm³ über die Grenze des bodenartspezifischen optimalen Bereiches hinaus ansteigt. Es ist illusorisch, eine Überprüfung dieser Vorgaben auf Praxisflächen durch Messung der Lagerungsdichte oder anderer bodenphysikalisch und pflanzenbaulich relevanter Bodenparameter vornehmen zu wollen. Die Modelle des SVGK-Verfahrens erlauben es, sowohl vorausschauend als auch durch Belastungsanalysen bereits abgelaufener Produktionsprozesse den Verdichtungszustand unterschiedlicher Böden einzuschätzen, wenn man sich der Auffassung anschließt, dass es, wenn auch mit Einschränkungen, möglich ist, im Ap-Horizont durch Bodenbearbeitung den Lagerungszustand entsprechend der Normalverdichtung (Erstverdichtungsbereich) herzustellen.

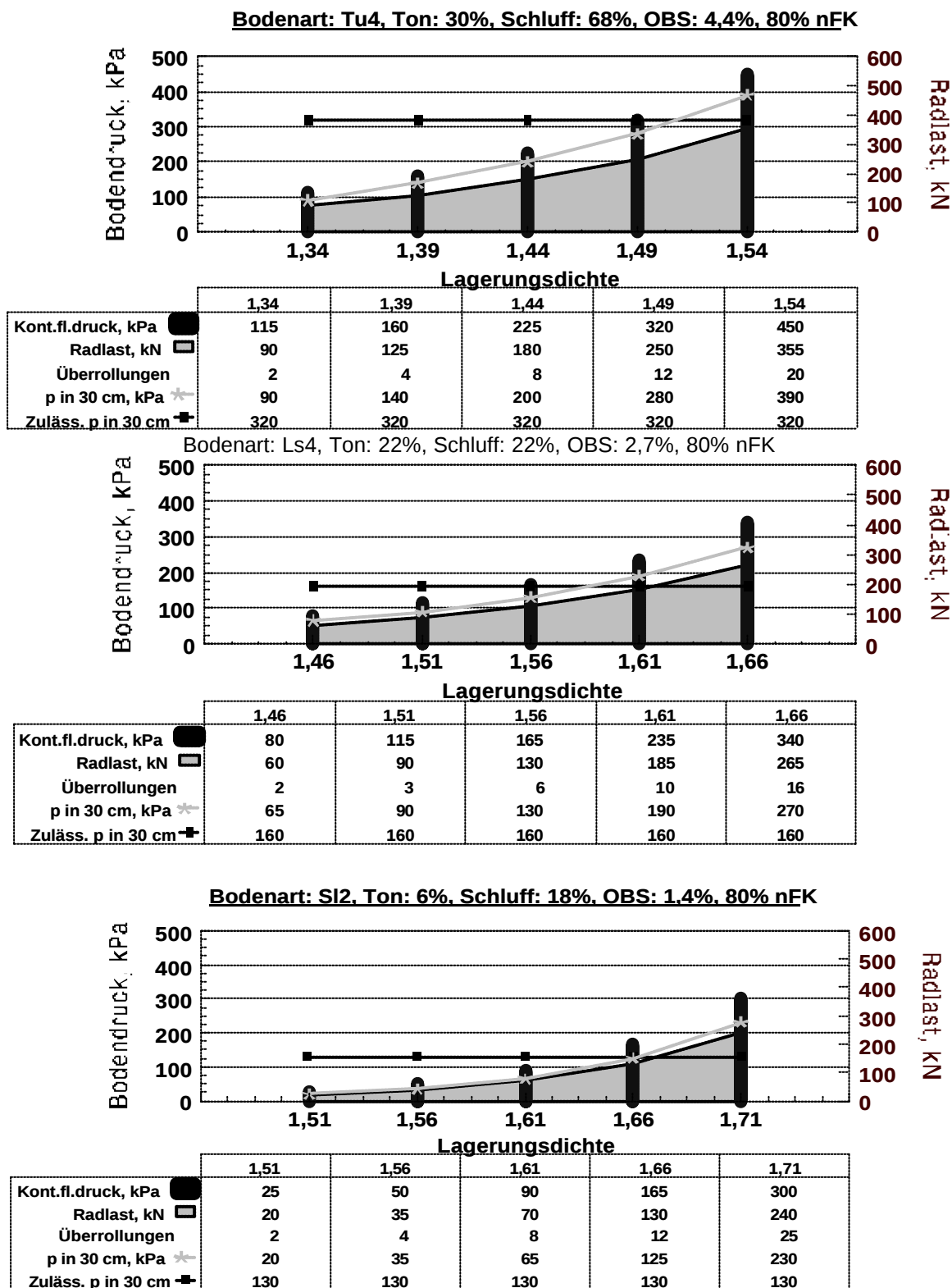


Abb. 7

- Krumenlagerungsdichte in Abhängigkeit vom Kontaktflächendruck
- Radlast oder Anzahl der Überrollungen, die bei gleichbleibender Aufstandsfläche von 0,785 m² (Reifenbreite ~ 100cm) den Anstieg des Drucks verursacht haben
- Zulässiger und wirkender Bodendruck (p) in 30 cm Bodentiefe

Literatur

- Petelkau, H. ; Gätke, Cl.-R. (1996): Einfluß des Verdichtungszustandes sandiger Moränenböden auf das Durchwurzelungsvermögen und die Stoffproduktion landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. In Agrarökologische Probleme im nordostdeutschen Moränengebiet - Schadverdichtung, Erosion, Flächenstillegung. VDLUFA, Protokoll über die Wintertagung der Bodenspezialisten 1996,
- Petelkau, H. (1998): Bodenbearbeitung und Bodenschadverdichtungen. In "Bodenbearbeitung und Bodenschutz - Schlußfolgerungen für gute fachliche Praxis", KTBL-Arbeitspapier 266. KTBL, Darmstadt
- Petelkau, H.; Frielinghaus, Mo.; Seidel, K.; Thiere, J. (1999): Indikationskonzept zur Ableitung von Schadverdichtungsgefährdungsklassen nach der mechanischen Belastbarkeit der Böden für Nordostdeutschland. Mitteilungen der DBG, Band 91, Heft 3, S. 1499-1502.
- Petelkau, H.; Seidel, K.; Frielinghaus, Mo. (2000): Ermittlung des Verdichtungswiderstandes von Böden des Landes Brandenburg und Bewertung von Landmaschinen und landwirtschaftlichen Anbauverfahren hinsichtlich der Beeinträchtigung von Bodenfunktionen durch die Verursachung von schwer regenerierbaren Schadverdichtungen. ZALF Müncheberg e.V., Institut für Bodenlandschaftsforschung, F- und E- Bericht im Auftrag des MUNR des Landes Brandenburg, 145 S.
- Petelkau, H.; Frielinghaus, Mo.; Seidel, K. (2001): Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen - Das Verfahren "SchadVerdichtungsGefährdungsKlassen" (SVGK). Mitteilungen der DBG, Band 96, Heft 2, S.761-762.
- Dannowski, M. (1994): Einfluß differenzierter mechanischer Bodenbelastungen auf Bodengefügeeigenschaften, Durchwurzelbarkeit und Pflanzenertrag eines sandigen Moränenstandortes. Diss. TU Berlin, Inst. für Ökologie.
- Newmark, N.M. (1942): Influence charts for computation of stress in elastic foundations. Engng. Exp. Station Bull Series 338, Univ. Illinois Bull. 40 (12)
- Belkovski, V.N. ; Pachev, V.P. ; Shkurko, G.A. ; Ishhenko, V.A. ; Rusanov, V.A.(1989): Metodicheskie ukazanie po vyboru parametrov kolesnogo dwizhenija s dopu stimym po GOST 26955-86 vozdejstviem na pochvu. Wiss. Forschungsinstitut für Großreifen Dnepropetrovsk und Allunionsinst. für Mechanisierung der Landwirtschaft(VIM) Moskau.

Schädliche Bodenveränderungen durch Gefügedegradation und Erosion im Mittelsächsischen Lößhügelland - Definieren von Verdachtsflächen und Erheblichkeitskriterien

Harrach, Tamas (Giessen); Behrens, Thorsten; Peter, Matthias; Sauer, Stephan

Die Vermeidung von Bodenverdichtungen steht in erster Linie im Interesse des Landwirtes. Dagegen sind bei der Bodenerosion die Off-Site-Schäden (Hochwasserbildung, Gewässerbelastung durch Eintrag) oft gravierender als die Nachteile für den Landwirt. Daher besteht ein allgemeines Interesse an der Vermeidung von Bodenerosion und Bodendegradation schlechthin. Das neue Bodenschutzgesetz enthält Regelungen zur Vorsorge und Gefahrenabwehr, aber für den Vollzug dieser Regelungen werden noch bodenkundliche Grundlagen – vor allem Erheblichkeitskriterien – benötigt.

In zahlreichen Publikationen zum Bodengefüge wird eine zunehmende Gefahr der Bodenverdichtung durch die moderne Landwirtschaft postuliert. Demgegenüber konnten wir im land-wirtschaftlich intensiv genutzten Mittelsächsischen Lößhügelland nutzungsbedingte Schadverdichtungen im Unterboden (Krumenbasisverdichtungen) nur in Sonderfällen, nämlich auf vernässten Stellen und gehäuft auch im Vorgewende, feststellen. Auch die systematische Bonitur der Kulturpflanzenbestände in Zusammenhang mit Bodengefügeuntersuchungen (Spatendiagnose und Porengrößenanalyse) hat weder bei pflugloser noch bei konventioneller Wirtschaftsweise Anhaltspunkte für das Vorliegen von Schadverdichtungen auf durchschnittlichen Ackerflächen erbracht.

Das Ausmaß der Bodenerosion durch Wasser ist von Standortfaktoren (Relief, Klima, Boden), Bewirtschaftungseinflüssen und der witterungsbedingten Konstellation der Risikofaktoren abhängig.

Der langfristig bedingte Erosionsgrad der Böden zeigt einen deutlichen Zusammenhang mit den Standortfaktoren. Verdachtsflächen lassen sich reliefbezogen unter Berücksichtigung des Erosionsgrades der Böden definieren. Das Vorkommen der Pararendzina in Lößlandschaften ist ein wichtiger Indikator und die digitale Reliefanalyse ein wichtiges Hilfsmittel zur Lokalisierung von Verdachtsflächen.

Die aktuelle Erosion wird außer durch Standortfaktoren auch durch Bewirtschaftungseinflüsse erheblich beeinflusst. Im Mittelsächsischen Lößhügelland konnte die Effizienz der sachgerecht praktizierten konservierenden Bodenbearbeitung eindeutig nachgewiesen werden.

Kurzfristig kann ein schwer kalkulierbares Erosionsrisiko auch aus einer unglücklichen Konstellation von Gefügezustand und Witterungsablauf herrühren. Für die Festlegung von Erheblichkeitskriterien werden langfristig und mittelfristig entstandene Profilverkürzungsraten ermittelt und zur Diskussion gestellt.

Bodenschutz: Umsetzung der Vorgaben des § 17 BBodSchG

Bodenerosion und Gefahrenabwehr: Ein Konzept und Erfahrungen aus Bayern

Brandhuber, Robert (Freising)¹; Rippel, Rudolf

Zusammenfassung

Das Bodenschutzrecht nimmt Landwirte und Berater in die Pflicht, die Böden vor Erosion zu schützen. In Bayern ist das Landwirtschaftsamt für die Beratung der Grundsätze der guten fachlichen Praxis zuständig, hat aber auch wesentliche Aufgaben im Rahmen der Gefahrenabwehr. Arbeitshilfen für die Feststellung einer schädlichen Bodenveränderung und Maßstäbe zu den Anforderungen an die Gefahrenabwehr bei der Bodenbewirtschaftung haben sich in der Praxis bewährt. Meist kommt es zu einer einvernehmlichen Lösung mit dem Landwirt ohne aufwändige Untersuchungen.

Vorsorge und Gefahrenabwehr

Das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) unterscheidet zwischen der Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen und der Abwehr von Gefahren aus unmittelbar drohenden oder schon bestehenden schädlichen Bodenveränderungen.

Die Vorsorgepflicht wird durch die gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung erfüllt. In Bayern vermitteln die Landwirtschaftsämter die Grundsätze der guten fachlichen Praxis (§ 17 (1) BBodSchG) im Rahmen ihrer Beratungstätigkeit. Ziel ist eine möglichst weitgehende Minderung des Erosionsrisikos unter Berücksichtigung der betrieblichen Bedingungen (Vermarktungssituation, Maschinenausstattung, verfügbare Arbeitskräfte etc.). Der Berater sollte bei dieser Beratung zur Vorsorge wissen, was der Gesetzgeber als Mindestmaß an Erosionsschutz verlangt. Dies entspricht den „Anforderungen an die Gefahrenabwehr“.

Wenn ein Landwirt die Grundsätze der guten fachlichen Praxis und damit auch die Anforderungen an die Gefahrenabwehr nicht erfüllt, ist eine Anordnung seitens der zuständigen Behörde allein aus diesem Sachverhalt nicht möglich (BayBodSchVwV 5.2). Zusätzliche Voraussetzung wäre ein im Einzelfall festgestellter Gefahrentatbestand, also eine Schädigung der Bodenfunktionen durch Erosion. Für eine solche Feststellung braucht man verbindliche Methoden und Maßstäben. § 8 Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) nimmt anhand von Verfahrensbeispielen („insbesondere wenn“) eine Konkretisierung vor. Anhaltspunkte für schädliche Bodenveränderungen sind in Bayern der Kreisverwaltungsbehörde mitzuteilen. Ob eine schädliche Bodenveränderung auf Grund von Bodenerosion durch Wasser vorliegt, sollen die Kreisverwaltungsbehörde und das Landwirtschaftsamt einvernehmlich beurteilen. Die Prüfung vor Ort führt das Landwirtschaftsamt im Rahmen einer orientierenden Untersuchung durch.

¹ eMail: robert.brandhuber@lbp.bayern.de

Nach der Feststellung einer schädlichen Bodenveränderung durch Bodenerosion nach § 3 bzw. 8 BBodSchV prüft das Landwirtschaftsamt, ob die Anforderungen an die Gefahrenabwehr eingehalten sind und baut darauf eine Beratungsempfehlung auf (siehe Abb. 1).

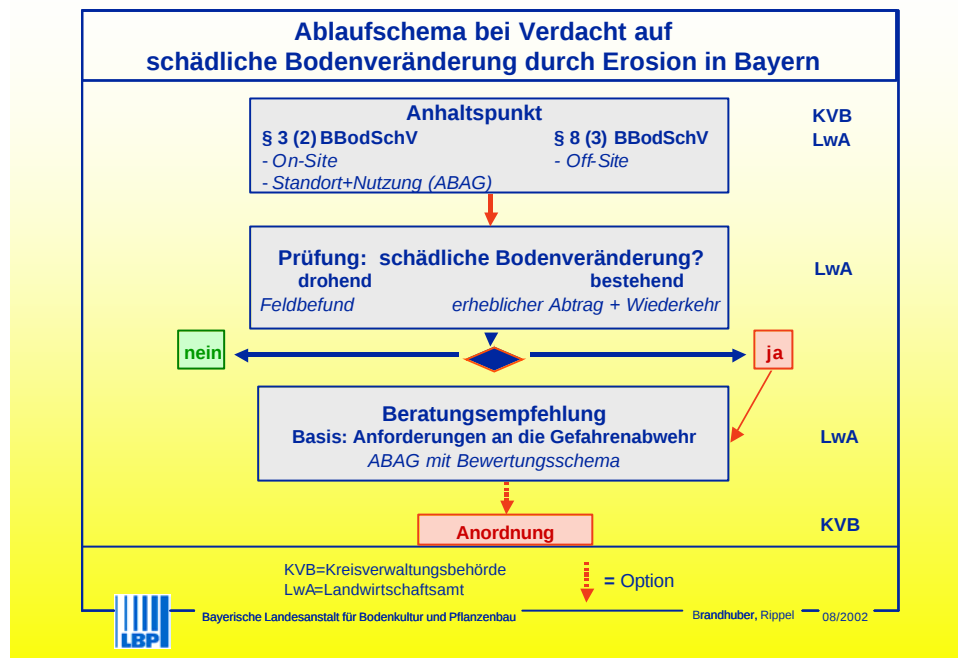


Abbildung 1: Ablaufschema zur Gefahrenabwehr im Bereich Bodenerosion

In Bayern wurden von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau in Zusammenarbeit mit den Landwirtschaftsämtern Arbeitshilfen erarbeitet

- für die Vorgehensweise bei Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung durch Bodenerosion (Gefahrenabwehr)
- für die Prüfung, ob der Landwirt bei seiner Bewirtschaftung die Anforderungen an die Gefahrenabwehr eingehalten hat.

Vorgehensweise bei Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung durch Bodenerosion

1. **Anhaltspunkte:** Nach § 3 (3) BBodSchV soll die Behörde weiter ermitteln, wenn ihr allgemeine oder konkrete Hinweise auf erhebliche Bodenabträge oder –ablagerungen durch Wasser oder Wind vorliegen. Das können entsprechende Erosionsspuren im Gelände sein, aber auch eine hohe Standortgefährdung in Kombination mit einer hohen Nutzungsgefährdung. Für den Fall, dass außerhalb einer vermeintlichen Erosionsfläche gelegene Bereiche durch abgeschwemmtes Bodenmaterial befrachtet wurden, nimmt § 8 (3) BBodSchV eine Konkretisierung vor: In diesem Fall ist zu ermitteln, ob eine schädliche Bodenveränderung auf Grund von Bodenerosion durch Wasser vorliegt. Als nächstes wäre dann zu klären, ob die Fläche, aus der das Bodenmaterial ausgetragen wurde, feststellbar ist.
2. **Prüfung: schädliche Bodenveränderung?** Auf eine Detailuntersuchung kann verzichtet werden, weil „die von schädlichen Bodenveränderungen

ausgehenden Gefahren ... mit einfachen Mitteln abgewehrt oder sonst beseitigt werden können“ (§ 3 (5) BBodSchV). Für die Fallgestaltung der Feststellung einer vorliegenden schädlichen Bodenveränderung, wie sie § 8 BBodSchV vorgibt, kann die „Erheblichkeit“ des Bodenabtrags bei einer orientierenden Untersuchung anhand einer Liste alternativer Kriterien ohne größeren Aufwand beurteilt werden (u.a. Tiefe und Ausdehnung von typischen Rinnen und Gräben, Abschätzung der Flächenerosion). Maßstab für die Erheblichkeit eines einzelnen Erosionsereignisses ist ein Gesamtaustrag von mehr als (Ackerzahl/2) t/ha. (Details dazu in Brandhuber et al., 2001). Ein erheblicher Bodenabtrag gilt in der Regel erst dann als schädliche Bodenveränderung, wenn weitere erhebliche Bodenabträge zu erwarten sind (§ 8 (1) BBodSchV). Einfachstes Kriterium dazu ist ein Blick in die Vergangenheit: Wenn innerhalb der letzten 10 Jahre zumindest in einem weiteren Fall erhebliche Mengen Bodenmaterial aus derselben Erosionsfläche geschwemmt wurden, sind auch in Zukunft entsprechende Abträge zu erwarten.

Schwieriger gestaltet sich die Prüfung bei einer drohenden schädlichen Bodenveränderung also etwa bei offensichtlich hohem Erosionsrisiko aus Standort und Nutzung aber ohne konkretes Erosionsereignis. Diesen Fall sieht das Bodenschutzgesetz vor (§ 4 (2) BBodSchG). Eine Beweissicherung im Feld anhand von einfach zu erfassenden Erosionserscheinungen (verkürzte Profile, Herausackern von Unterbodenmaterial) wird auch hier notwendig. Erfahrungen zum Vollzug liegen uns dazu noch nicht vor.

Nach einer orientierenden Untersuchung mit positivem Befund empfiehlt das Landwirtschaftsamt dem Landwirt geeignete erosionsmindernde Maßnahmen. Die Anforderungen an die Gefahrenabwehr müssen mindestens erreicht werden. Bei Nicht-Befolgen der Beratungsempfehlung kann die Kreisverwaltungsbehörde eine Anordnung erlassen.

Maßstäbe zu den Anforderungen an die Gefahrenabwehr

Das von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau entwickelte Bewertungsschema zu den Anforderungen an die Gefahrenabwehr benutzt als Hilfsmittel die Allgemeine Bodenabtragsgleichung ABAG), die einen mittleren jährlichen Bodenabtrag in Abhängigkeit vom Standort- und Bewirtschaftungsrisiko abschätzt (Schwertmann et al. 1987). Dabei sind die Anwendungsgrenzen der ABAG zu beachten (Auerwald & Perger 2000).

Das Schema setzt folgende Maßstäbe:

1. Die Anforderungen an die Gefahrenabwehr sind in der Regel dann erfüllt, wenn der ABAG-Abtrag den Wert von „Ackerzahl / 8“ nicht überschreitet.
2. Sie sind in der Regel nicht erfüllt, wenn der ABAG-Abtrag den Wert „Ackerzahl / 4“ überschreitet.
3. Liegt der mit Hilfe der ABAG ermittelte Abtrag über „Ackerzahl / 8“ aber noch unter „Ackerzahl / 4“ sind die Anforderungen an die Gefahrenabwehr in der Regel nur dann erfüllt, wenn der Landwirt alle ihm im Rahmen der Produktionstechnik für die von ihm angebauten Fruchtarten zur Verfügung

stehenden zumutbaren Maßnahmen des Erosionsschutzes durchgeführt hat. Das können je nach den vorliegenden Umständen Maßnahmen sein wie z.B. raues Saatbett, Strohdüngung, Querbewirtschaftung, ausgeglichene Humusbilanz, ausreichende Kalkversorgung, Zwischenfruchtanbau, Mulchsaat. Es ist Aufgabe des Beraters oder Gutachters, dies im Einzelfall zu beurteilen.

Mit diesem Bewertungsschema können Berater und interessierte Landwirte die Anforderungen an die Gefahrenabwehr im Sinne des Bodenschutzrechts schlagspezifisch feststellen und vorsorgend Erosionsschutzmaßnahmen planen.

Kosten

Sind Maßnahmen zum Schutz der Böden erforderlich, die über die Anforderungen an die Gefahrenabwehr hinausgehen, ist dem Landwirt ein angemessener Ausgleich zu gewähren. Eine Verordnung zur Umsetzung von § 10 (2) BBodSchG wird derzeit in Bayern vorbereitet.

Etwaige Kostenanlastungen durch Räumarbeiten an Straßen oder aus Gebäudeschäden betreffen im übrigen Privatrecht und nicht das Bodenschutzrecht. Bei privatrechtlichen Auseinandersetzungen könnte aber die Frage nach der guten fachlichen Praxis auf der Erosionsfläche eine wichtige Rolle spielen.

Erfahrungen aus der „Vollzugspraxis“

Seit dem Jahr 2000 wird an den bayerischen Landwirtschaftsämtern mit diesen Arbeitshilfen erfolgreich gearbeitet. Bisher hat sich gezeigt, dass die Landwirtschaftsämter meist dann von Gemeinden bzw. Kreisverwaltungsbehörden eingeschaltet wurden, wenn Bodenanlandungen Schäden und entsprechende Beseitigungskosten im Siedlungsbereich bzw. auf Verkehrswegen verursacht hatten (Off-Site-Schäden). Als besonders hilfreich haben sich die einheitlichen Maßstäbe bei der Beurteilung der Anforderungen an die Gefahrenabwehr erwiesen. In der Regel ist der betroffene Landwirt bereit, auf eine Beratungsempfehlung für eine erosionsmindernde Bewirtschaftung einzugehen. Anordnungen sind uns bisher nicht bekannt geworden. Häufig wurde auf die orientierende Untersuchung verzichtet, weil der Berater - mit dem Bodenschutzrecht im Rücken – im Vorfeld eine Einigung mit dem Landwirt erzielen konnte. Gleiche Erfahrungen werden auch aus anderen Bundesländern berichtet. Die Handhabung der Gefahrenabwehr bei Bodenerosion erweist sich damit in der Praxis als weniger problematisch als zunächst befürchtet.

Literatur

- AUERSWALD K., P. VON PERGER (2000): Bodenerosion durch Wasser - Ursachen, Schutzmaßnahmen und Prognose mit PC-ABAG. - aid-Heft 1378, Bonn
- BRANDHUBER, R., R. RIPPEL, J. KREITMAYR (2001): Bodenerosion und Gefahrenabwehr – Arbeitshilfen zur Umsetzung von § 8 BBodSchV in Bayern. - Markredwitzer Bodenschutztag Tagungsband 2, Stadt Markredwitz (ed.), pp. 122-128
- SCHWERTMANN, U., W. VOGL, M. KAINZ (1987): Bodenerosion durch Wasser - Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. - Ulmer, Stuttgart, 2nd ed.

Der Thüringer Beratungsansatz zur Vorsorge gegen schädliche Bodenveränderungen durch Schadverdichtung und Erosion – Posterbeitrag

Dr.sc. Peter Gullich¹ und Dr. Rainer Pau, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

Bodenverdichtung und Erosion sind Prozesse, die primär den nichtstofflichen Bereich betreffen. Sie können die Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungsprozesse im Boden wesentlich beeinflussen und damit auch die Produktionsfunktion des Bodens beeinträchtigen.

Beide Prozesse sind bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung niemals ganz zu vermeiden. Folglich kann gute fachliche Praxis nicht zu „Null Bodenveränderung“ führen.

Deshalb sieht der Thüringer Beratungsansatz eine Gefährdung des Schutzgutes Boden dann als gegeben an, wenn die Beeinträchtigung ein tolerables Maß übersteigt.

Unterhalb dieser Toleranzschwelle kann es im Einzelfall Spielraum für Vorsorgemaßnahmen geben, ihre Durchführung wird aber nicht als hinreichendes Kriterium für die Erfüllung der Vorsorgepflicht nach § 7 BBodSchG angesehen.

Handlungsbedarf zur Erfüllung der Vorsorgepflicht wird vielmehr dort gesehen, wo die Bodenbewirtschaftung eine zu große potentielle Gefahr (Wahrscheinlichkeit) für das Eintreten schädlicher Bodenveränderungen darstellt und deshalb die Grundsätze der guten fachlichen Praxis nicht als realisiert angesehen werden können. Die Beratung erfolgt in erster Linie zu solchen Maßnahmen, die geeignet sind, diese Wahrscheinlichkeit im Mittel der Jahre auf das tolerable Niveau zurückzuführen.

Dadurch wird der Rahmen der guten fachlichen Praxis in einem Bereich gehalten, in dem eine zeitgemäße Landbewirtschaftung möglich ist, und außerdem erhält der Beratungsinhalt die für einen verbesserten landwirtschaftlichen Bodenschutz notwendige Konkretetheit.

Voraussetzung für die Zurückführung eines Risikos auf das unvermeidliche und damit zu tolerierende Maß ist, dass man es als solches erkennt.

Das in Thüringen angewandte Beratungskonzept vergleicht im dargestellten Sinne die Belastbarkeit eines Bodens (zu tolerierendes Risiko) mit der mittleren Belastung im mehrjährigen Zeitraum.

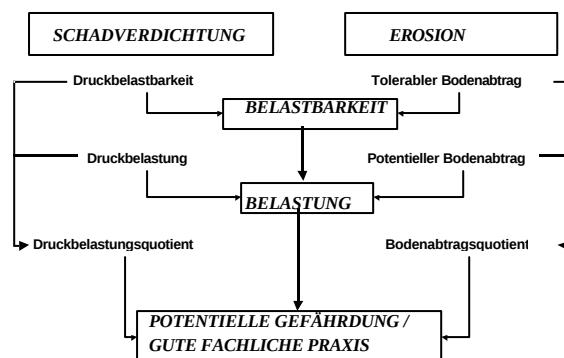


Abb.1

¹ eMail: p.gullich@jena.tll.de

Schutz des Ackerbodens vor Schadverdichtung:

Zur Kennzeichnung der Gefährdungssituation wird ein Druckbelastungsquotient verwendet, der aus der Druckbelastbarkeit des Bodens und der Belastung durch die bei den einzelnen Arbeitsgängen eingesetzte Technik gebildet wird.

Ideale Bedingungen zeigt ein Druckbelastbarkeitsquotient mit dem Wert 1 an. Wird dieser Wert überschritten, ist mit einer Gefügeveränderung zu rechnen, die bis zu einem Wert von 1,25 noch tolerabel ist, weil sie mit mechanischen und natürlichen Kräften zu reparieren ist. Übersteigt der Wert dieses Quotienten 1,25, kann eine Schadverdichtung eintreten. Schadverdichtung ist eine Funktionsverschlechterung des Gefüges. Sie kann man auf bindigen Böden am besten an zu geringem luftführenden Porenraum bei Feldkapazität und an einer zu geringen Wasserleitfähigkeit erkennen. Die Bodendichte (Masse pro Volumeneinheit) und der Eindringwiderstand hingegen sind auf Böden mit Aggregatgefüge dafür ungeeignet.

Deshalb wurden die Ergebnisse einer Vielzahl von Porositäts- und Leitfähigkeitsmessungen (Drew 1992) ausgewertet und funktionell begründete Werte zur Abgrenzung des Schadbereiches abgeleitet.

Die für Gasaustausch ; Wurzelwachstum und Sickerwasserbewegung bedeutsamen Schwellenwerte dieser Parameter wurden aus Gasdiffusionsmessungen (PAUL U. WERNER 1986) und langjährigen bodenphysikalischen Messprogrammen auf Praxisflächen (WERNER U. PAUL 1999) abgeleitet. Für den Bereich des Bearbeitungshorizontes ergaben sich 10 % luftführender Porenraum bei Feldkapazität und eine Wasserleitfähigkeit des gesättigten Bodens (K_f – Wert) $>0,1$ m/d. Für den Unterboden wurde der Porositätswert auf 7 % festgelegt. Die dort im Vergleich zur Ackerkrume höhere Kontinuität des groben Hohlraumsystems läßt das zu.

Die Belastbarkeit (vgl. Abb.1) leiten die Autoren unter Verwendung eines auf der Vorbelastung (LEBERT UND HORN 1992) beruhenden und oben dargestellte Porositäts- und Leitfähigkeitsparameter berücksichtigenden Ansatzes ab .

Die Belastung wird für wichtige Arbeitsgänge und die vom zu beratenden Landwirt eingesetzte Landtechnik nach Abb.2 bestimmt.

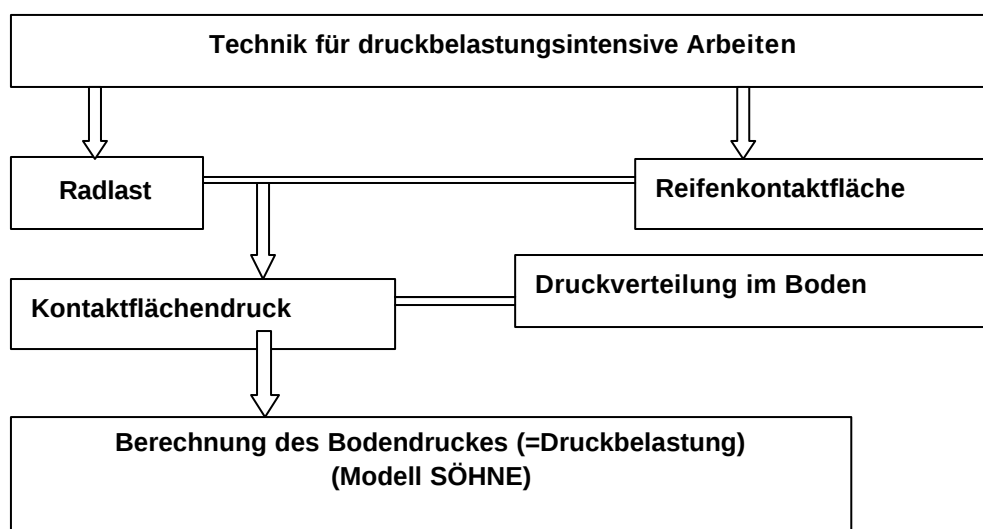


Abb.2: Ermittlung der Druckbelastung

Aus Belastbarkeit und Belastung wird anschließend der Druckbelastungsquotient gebildet.

Übersteigt der Wert dieses Quotienten 1,25, so ist dies ein Achtungszeichen, dass der tolerable Bereich verlassen ist und die Wirkung der Vorsorgemaßnahmen verbessert werden muß. Keinesfalls soll dieser Wert wie ein Prüfwert nach Bodenschutzverordnung angewandt werden, er dient vielmehr als Orientierungsgröße bei der Konkretisierung von Beratungsempfehlungen.

Vorsorgemaßnahmen sind z.B. die mittelfristige Umstellung auf bodenschonendere Fahrwerke, das On-Land-Pflügen, die Nutzung evtl. vorhandener Spielräume in der Anbauverteilung, der evtl. mögliche Wegfall von Befahren und Bearbeiten in Zeiten hohen Bodenwassergehaltes.

Schutz des Bodens vor Wassererosion

Ebenso, wie im Falle der Verdichtung, soll auch die Bodenerosion durch Maßnahmen im Rahmen der guten fachlichen Praxis auf ein tolerables Maß begrenzt werden. Weitgehend auszuschließen wäre sie nur bei Wald- oder Grünlandvegetation. Das jedoch hat keine praktische Relevanz.

Zur Ableitung des Maßes für den mittleren jährlichen Bodenabtrag (=Belastung) haben wir den Ansatz der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung gewählt. Dieser Ansatz ist zwar nicht geeignet, konkrete Erosionsereignisse abzubilden, er spiegelt aber sehr wohl die standörtliche Differenzierung der Erosionsgefährdung anhand des zu erwartenden mittleren langjährigen Bodenabtrages in Abhängigkeit von der Erosionsanfälligkeit des Bodens und von der Bodenbedeckung durch die angebauten Kulturen wider.

Als Maß für die Belastbarkeit verwenden die Autoren einen mittleren jährlichen Abtragswert in Tonnen je Hektar und Jahr, der sich aus der Ackerzahl herleitet (=tolerabler Bodenabtrag.).

Aus dem mittleren jährlichen Abtrag und dem tolerablen Bodenabtrag wird ein Erosionsquotient gebildet. Damit steht ein Maß für die potentielle Erosionsgefährdung zur Verfügung. Handlungsbedarf zur Erfüllung der Vorsorgepflicht besteht bei Werten des Quotienten >1 .

Hier gilt für den tolerablen Bodenabtrag das gleiche wie für den Druckbelastungsquotienten: Er soll der notwendigen Konkretisierung von Beratungsempfehlungen dienen und darf nicht als Prüfwert im Sinne der Bodenschutzverordnung missverstanden werden.

Der gewählte Ansatz führt hinsichtlich der bei festgestelltem Vorsorgedefizit zu empfehlenden Maßnahmen zu mehreren alternativ wählbaren Entscheidungen, von der Änderung der Anbaufolge über Änderung der Bearbeitungsrichtung bis zu speziellen Anbauverfahren, die die Bodenbedeckung erhöhen. So kann unter verschiedenen Bodenbearbeitungsregimen mit Mulchsaat ein wirksamer Erosionsschutz erreicht werden.

Veränderungen im Zuschnitt von Gewannen, Etablierung von zusätzlichen naturnahen Flurelementen sowie wasserbauliche Maßnahmen stehen nach Auffassung der Autoren außerhalb der Grundsätze der guten fachlichen Praxis und damit außerhalb der alleinigen Vorsorgepflicht des Landnutzers.

Das sind klassische Inhalte von Flurbereinigungs- bzw. Flurneuordnungsverfahren.

Solche Maßnahmen können im Einzelfall auf freiwilliger Basis im Einvernehmen mit den Landeigentümern ergriffen werden und sehr wirksam der Bodenerosion entgegen wirken. Im Rahmen der Vorsorgepflicht des Nutzers jedoch sind sie nicht einzufordern.

Literatur:

DREW, M.C. (1992): Soil aeration and plant root metabolism. Soil Science 154 (4), 259-269

LEBERT, M.; HORN, R. (1992): Ein Verfahren zur flächendeckenden Erfassung der Bodenstabilität im Hinblick auf die Beurteilung der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. Z.f.Kulturtechnik und Landentwicklung 33, 85-99

PAUL, R.; WERNER, D.(1986): Abhängigkeit der Makrogasdiffusion von der Bodenstruktur. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd. 30, 681-687

WERNER, D.; PAUL, R. (1999): Kennzeichnung der Verdichtungsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Böden. Wasser und Boden 51 (12), 10-14

Vorbeugender Hochwasserschutz durch konservierende Bodenbearbeitung im Einzugsgebiet der Pließnitz

Zimmerling, Berno (Leipzig)¹; Schmidt, Walter; Wilcke, Detlef

1. Einleitung

Im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt von 1999 bis 2001 finanzierten Forschungsvorhabens (Projektpartner: Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau sowie Institut für Bodenkunde der Universität Hannover, Lehrstuhl Abwassertechnik der BTU Cottbus, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft) wurde am Beispiel des deutschen Einzugsgebietes der Lausitzer Neiße untersucht, in welchem Umfang dezentrale Wasserrückhalte- und -versickerungsmaßnahmen im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft (z. B. in Form sog. Mulden-/Rigolensysteme) sowie der Landwirtschaft einen Beitrag für einen vorbeugenden Hochwasserschutz leisten können (SIEKER 2002).

Im Mittelpunkt der im Rahmen des Projektes durch den Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau der Landesanstalt für Landwirtschaft durchgeführten Untersuchungen stand die Prüfung der potenziell hochwassermindernden Wirkung der konservierenden Bodenbearbeitung. Grundlage für diesen Arbeitsansatz ist deren erosionsmindernder bzw. –verhindernder Effekt (SCHMIDT ET AL. 2000). Dieser beruht vorrangig darauf, dass, infolge einer geringeren Oberflächenverschlammungsanfälligkeit und dem Aufbau eines vertikal-kontinuierlichen Makroporensystems, eine verbesserte Wasserinfiltration möglich ist. Dies lässt den Schluss zu, dass bei Intensivniederschlägen durch eine flächenhaft praktizierte konservierende Bodenbearbeitung der rasche, hochwasserwirksame Oberflächenabfluss von Ackerflächen reduziert werden kann (SCHMIDT ET AL. 2001).

Zur Prüfung dieser Hypothese wurden im Rahmen des Projektes auf jeweils nebeneinander angelegten dauerhaft konservierend bzw. konventionell bearbeiteten Versuchspartzen Infiltrationsversuche mit einer Kleinberegnungsanlage durchgeführt. Ergebnisse zur Infiltration von konservierend und konventionell bearbeiteten Ackerflächen werden im Folgenden vorgestellt sowie hinsichtlich einer hochwassermindernden Wirkung diskutiert.

2. Standort und Methodik

Die Untersuchungen wurden von März 2000 bis Mai 2001 im Oberlausitzer-, Mulde- und Mittelsächsischen Lößhügelland durchgeführt. Die Lößbedeckung führt in Verbindung mit gleichartigen Reliefeigenschaften zu vergleichbaren Oberflächenabfluss- und Infiltrationsverhältnissen in den 3 Testgebieten. Deshalb wurden alle Ergebnisse bei der Auswertung zu einer Grundgesamtheit zusammengefasst.

Auf insgesamt 10 Schlägen erfolgte nebeneinander in Hanglage die Anlage von Varianten mit konventioneller und dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung. Auf diesen Bearbeitungsvarianten wurden insgesamt 20 vergleichende Untersuchungen zu verschiedenen Fruchtarten und Zeitpunkten mit bis zu zwei Niederschlagssimulationen pro Bearbeitungsvariante durchgeführt. Zur Beregnung wurde ein transportabler Niederschlagssimulator verwendet, der mit einer schwenkbaren Flachstrahldüse (VeeJet 80/100) ausgestattet war. Die Niederschlagsintensität

¹ eMail: Berno.Zimmerling@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

betrug $1,9 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Die Beregnung dauerte 20 min. Die Niederschlagssumme betrug 38 mm. Eine abgegrenzte Fläche von 1 m^2 diente zur Bestimmung des Oberflächenabflussanteils. Die Differenz aus Niederschlagsintensität und Oberflächenabflussrate bildet die Infiltrationsrate. Die Gleichung von VAN GENUCHTEN (1980) wurde zur Parametrisierung des Infiltrationsverlaufs transformiert (ZIMMERLING ET AL. 2001), so dass neben der Gesamtinfiltration auch Unterschiede im Oberflächenabflussbeginn, der Steilheit der Infiltrationsabnahme und Höhe der Endinfiltrationsrate in die Betrachtungen mit einbezogen werden konnten.

Zur statistischen Auswertung der Infiltrationsergebnisse wurde ein Verfahren herangezogen, welches zum Vergleich von zwei unabhängigen Stichproben mit kleinen Umfängen und großen Spannweiten geeignet ist (in SACHS 1999). Es wurden Differenzen gepaarter Beobachtungen gebildet (konservierend-konventionell), der Median und das dazugehörige 90 %-Konfidenzintervall berechnet sowie der Vorzeichentest von DIXON und MOOD (1946) ($\alpha=10\%$) durchgeführt. Als Streuungsmaß dient die Angabe der dazugehörigen Medianstandardabweichung (MAD). Die in den Feldversuchen ermittelten und statistisch geprüften Werte bildeten die Grundlage für im Rahmen des Projektes durchgeführte Niederschlag-Abfluss-Modellierungen mit dem Modell NASIM für das Einzugsgebiet der Pließnitz. Damit sollte die Hochwasserwirksamkeit flächenhaft praktizierter konservierender Bodenbearbeitung abgeschätzt werden.

3. Infiltrationsunterschiede

In der Abbildung 1 sind die Ergebnisse zur Gesamtinfiltration der 20 vergleichenden Untersuchungen zwischen konventioneller und konservierender Bodenbearbeitung dargestellt.

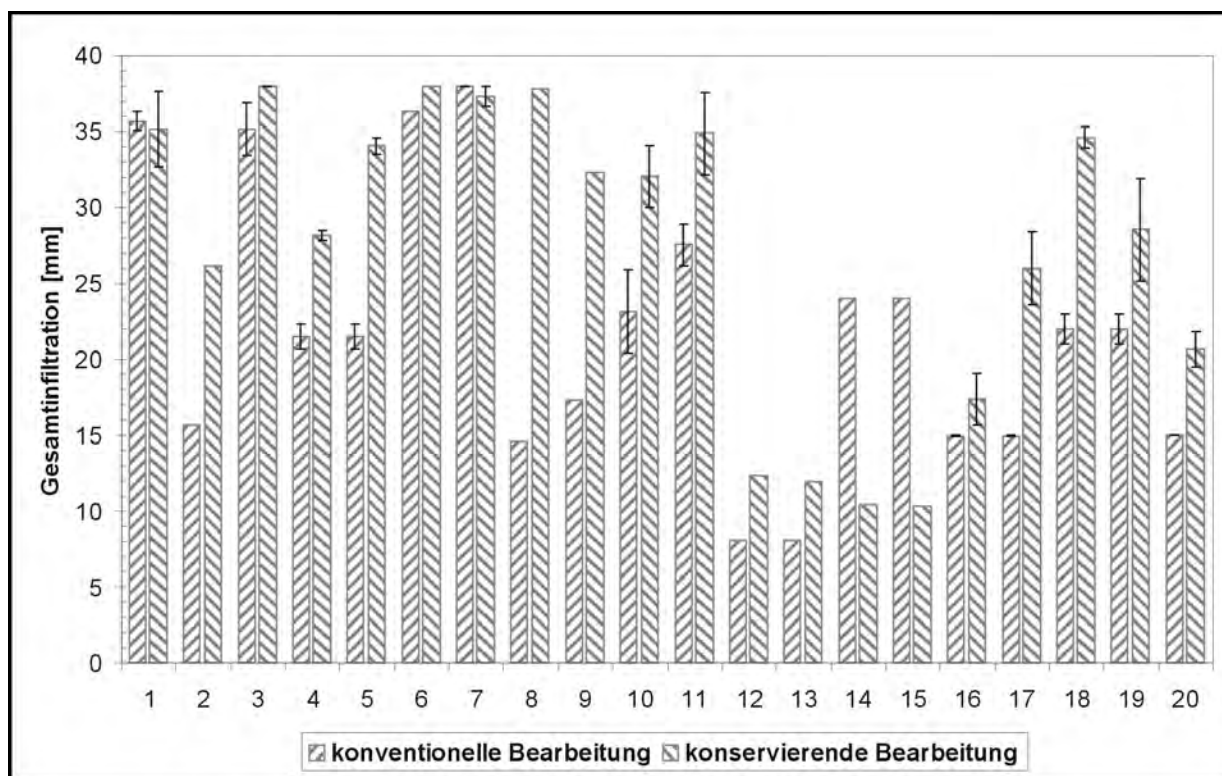


Abbildung 9: Gesamtinfiltration bei konventioneller und mehrjährig konservierender Bodenbearbeitung (Ergebnisse von 20 Feldversuchen)

Bei 16 Versuchen versickerte auf der konservierenden Variante ein größerer Anteil des Niederschlagswassers. Nur in vier Versuchen konnte keine höhere Infiltration bei konservierender Bodenbearbeitung nachgewiesen werden. Von diesen vier Versuchen waren zwei durch eine insgesamt sehr hohe Infiltration gekennzeichnet (erster Versuch: 99,2 %; siebenter Versuch: 98,4 %). Zudem infiltrierte hier in jeweils einer Wiederholung auf der konservierenden Beregnungsvariante eine größere bzw. gleiche Wassermenge, als bei der konventionellen Vergleichsvariante.

Die Differenz in der Gesamtinfiltration zwischen der konservierenden und der konventionellen Bearbeitung betrug im Median +4,6 mm. Da das dazugehörige Konfidenzintervall mit +4,2 bis +7,1 mm vollständig im positiven Bereich lag, kann von einer erhöhten Infiltration bei konservierender Bearbeitung ausgegangen werden. Dies wurde auch durch den Vorzeichentest bestätigt.

Hinsichtlich des Oberflächenabflussbeginns kann bei der konservierenden Bearbeitung im Konfidenzintervall von einer Verschiebung um +1,3 bis +3,1 min bzw. im Median um +2,2 min ausgegangen werden. Auch der Vorzeichentest bestätigt den verzögerten Oberflächenabflussbeginn.

Eine Veränderung in der Steilheit der exponentiellen Abnahme der Infiltration konnte nicht nachgewiesen werden.

Das Konfidenzintervall für die Änderung der Endinfiltrationsraten liegt mit +0,2 bis +0,43 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ vollständig im positiven Bereich, so dass mit einer Erhöhung der Endinfiltrationsraten bei konservierender Bearbeitung gerechnet werden kann. Dies wurde durch den Vorzeichentest bestätigt. Im Median ergibt sich eine Erhöhung der Endinfiltrationsrate um +0,3 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$.

Auf der Basis dieser ermittelten Unterschiede kann eine Prognose des Infiltrationsverlaufs gegeben werden, wenn anstatt der konventionellen Bearbeitung ein Schlag mehrjährig konservierend bearbeitet worden wäre (Abb. 2).

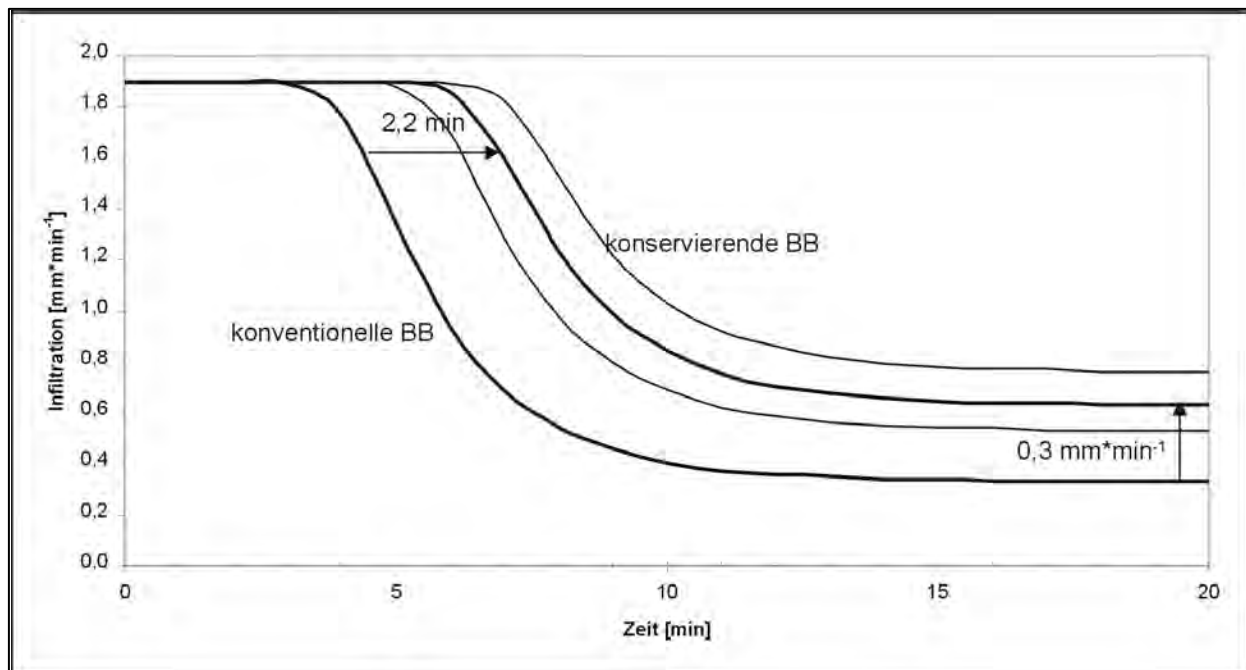


Abbildung 10: Prognose des Infiltrationsverlaufs nach Umstellung der Ackerfläche von konventioneller auf konservierende Bodenbearbeitung (BB) auf Basis der Mediandifferenzen (dicke Linie) sowie der Differenzen an der unteren und oberen Grenze des Konfidenzintervalls (dünne Linien).

4. Niederschlag-Abfluss-Simulation

Für das im Lausitzer Lößhügelland gelegene Einzugsgebiet der Pließnitz (Größe: 162 km², davon 57 % Ackerland), dessen Ackerfläche bisher fast vollständig konventionell bearbeitet wurde, erfolgte eine Niederschlag-Abfluss-Simulation. Nach Kalibrierung für den Ist-Zustand (konventionelle Bodenbearbeitung) an einem mittleren Sommerhochwasserereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 2-3 Jahren erfolgte die Simulation des Abflussgeschehens bei angenommener vollständiger konservierender Bodenbearbeitung der Ackerfläche (Abb. 3). Hierzu wurde im Modell die Infiltrationskurve entsprechend der festgestellten Unterschiede verändert (WILCKE, in SIEKER 2002).

Aus der Niederschlags-Abfluss-Modellierung lässt sich abschätzen, dass die konservierende Bodenbearbeitung zu einer Abnahme des Hochwasserscheitelabflusses um ca. 20 % führen würde (Abb. 3). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch POTTER (1991), SHIPITALO ET AL. (2001) und YU ET AL. (2001) durch Untersuchungen an Lysimetern bzw. durch Auswertung von Abflussganglinien von Bächen und Flüssen in Einzugsgebieten mit einem zunehmenden Flächenanteil konservierender Bodenbearbeitung.

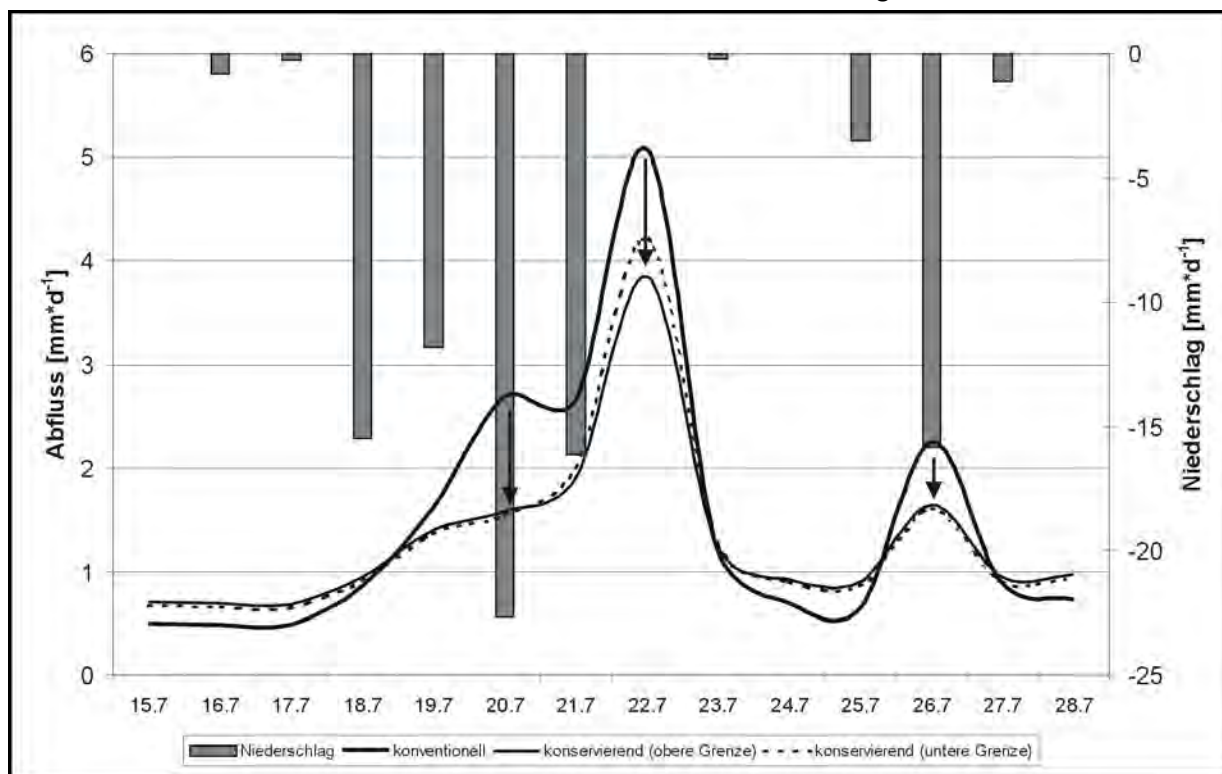


Abbildung 11: Gebietsabfluss bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung der Ackerflächen (Ergebnis einer Niederschlags-Abfluss-Modellierung mit dem Modell NASIM für das Pließnitz-Einzugsgebiet, WILCKE, in SIEKER 2002).

5. Fazit

Bei Intensivniederschlägen infiltriert in konservierend bearbeiteten Ackerböden eine signifikant höhere Niederschlagsmenge als bei konventioneller Bearbeitung. Die erhöhte Infiltration bei konservierender Bearbeitung ist auf einen verzögerten Oberflächenabflussbeginn und erhöhte Endinfiltrationsraten zurückzuführen.

Wie die Niederschlag-Abfluss-Simulation für das im Projekt untersuchte Einzugsgebiet der Pließnitz zeigt, führt die konservierende Bodenbearbeitung zu einer Verbesserung des natürlichen Wasserrückhaltes in diesem durch Lößauflagen

geprägten Gebiet. Dies äußert sich in einer Minderung des Hochwasserscheitelabflusses. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die umfassende bzw. einzugsgebietsweite Anwendung der konservierenden Bodenbearbeitung einen Bestandteil eines vorbeugenden Hochwasserschutzkonzeptes bilden sollte.

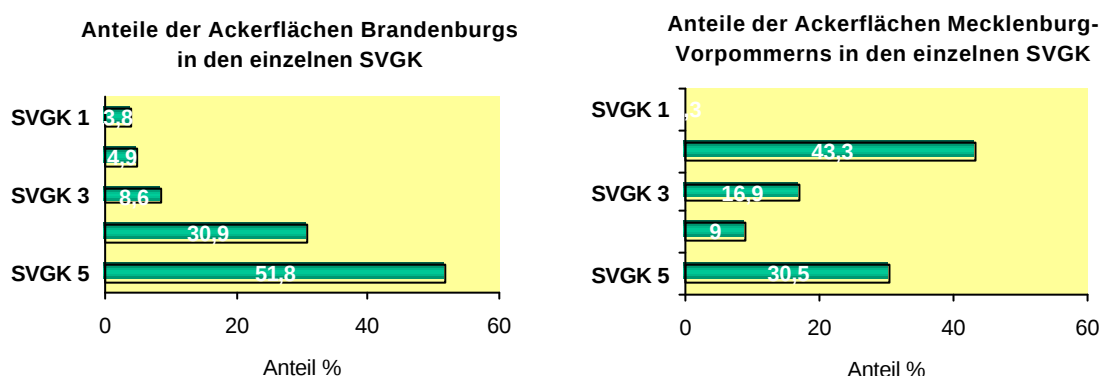
Literatur

- Dixon, W.J., Mood, A.M., 1946. The statistical sign test. J. Amer. Statist. Assoc. 41. 557-566.
- Potter, K.W., 1991. Hydrological impacts of changing land management practices in a moderate-sized agricultural catchment. Water Resources Research. 27, 845-855.
- Sachs, L. 1999. Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden. 9. Auflage. Springer. Berlin-Heidelberg.
- Schmidt, W., Nitzsche, O., Zimmerling, B., Krück, St., 2000. Soil erosion control in Saxony. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkdl. Gesellsch. 93, 157-160.
- Schmidt, W., Zimmerling, B., Nitzsche, O., Krück, St., 2001. Conservation tillage - A new strategy in flood control. In: Marsalek, J., Watt, E., Zeman, E., Sieker, H, (Eds.), Advances in urban stormwater and agricultural runoff source controls., NATO Science Series, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 287-293.
- Shipitalo, M.J., Dick, W.A., Edwards, W.M., 2000. Conservation tillage and mocopore factors that affect water movement and the fate of chemicals. Soil Till. Res. 53, 167-183.
- Sieker, F., 2002. Innovativer Ansatz eines vorbeugenden Hochwasserschutzes durch dezentrale Maßnahmen im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft sowie der Landwirtschaft im Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße. Endbericht DBU Projekt 15877.
- van Genuchten, M. Th., 1980. A closed-form epuation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44, 892-898.
- Yu, B. Sombatpanit, S., Rose, C.W., Ciesiolka, C.A.A., Coughlan, K.J., 2000. Characteristics and modelling of runoff hydrographs for different tillage treatments. Soil Sci. Soc. Am. J. 64, 1763-1770.
- Zimmerling, B., Nitzsche, O., Schmidt, W., Krück, St., Zimmermann, M., 2001. Wasserinfiltration auf konventionell und konservierend bearbeiteten Ackerböden bei Simulation von Intensivniederschlägen. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkdl. Gesellsch. 96, 791-792.

Anwendung des SVGK- Konzeptes zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtung in den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg

Seidel, Klaus (Müncheberg); Frielinghaus, Monika¹; Petelkau, Heinz

Den Empfehlungen für eine standortangepasste Vorsorge gegen technogene Schadverdichtungen geht die Zuordnung der vorliegenden Böden zu einer von fünf **SchadVerdichtungsGefährdungsKlassen** voraus, die auf dem unterschiedlichen Druck-Verdichtungsverhalten der Bodenarten bei der kurzzeitigen Belastung während des Befahrens mit landwirtschaftlichen Maschinen beruht.



Durch die unterschiedlichen Anteile der Ackerflächen je SVGK ergeben sich auch landesspezifische Anforderungen an die Landtechnik und deren Ausstattung, die Anbaustruktur und die Anbautechnologie um die Bereiche der Belastbarkeit einhalten zu können.

Durch die Anwendung der **naturwissenschaftlichen Erkenntnisse** hinsichtlich der **Pflanzenansprüche** einerseits sowie den Bodeneigenschaften (wie dem **Druck-Setzungsverhalten** in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte) und der dadurch bedingten **Grundbodenbearbeitungseffektivität** andererseits ist die **Ableitung von Belastungsbereichen** in Abhängigkeit von den **SchadVerdichtungsGefährdungsKlassen zum Schutz vor Schadverdichtungen** in Krume und Unterboden ermöglicht worden.

Die **positionsgetreue Belastungsanalyse**, die für einzelne Räder einer Achse, für einzelne Feldarbeitsgänge, eine gesamte Anbautechnologie einer Frucht bzw. ganzer Fruchtfolgen, ermöglicht die **Erfassung der Kenngrößen, die hauptsächlich die Bodenverdichtung beeinflussen**. Diese Kenngrößen sind der **Kontaktflächendruck** (kPa), die **Radlast** (kN) und die **Anzahl der Überrollungen** in der Systemarbeitsbreite (z.B. 18 m) und die dadurch bedingten unterschiedlich technogen betroffene Bodenflächenanteile (summierte und tatsächlich befahrene Spurfläche).

¹ eMail: frielinghaus@zalf.de

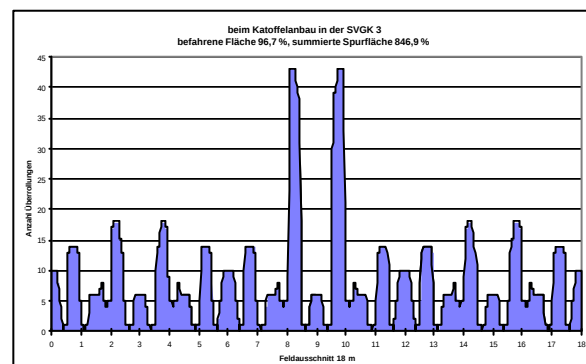
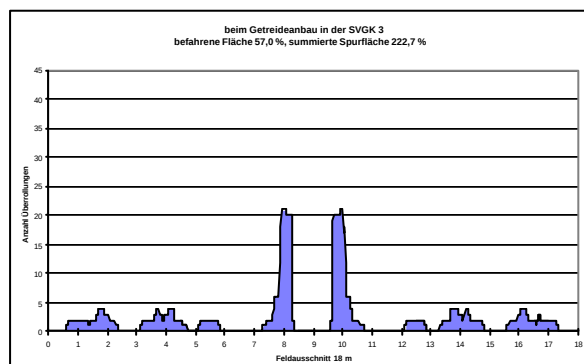
Beispiel: Getreideanbau in der SVGK 3, ersten drei Arbeitgänge.

Arbeitsgang Nr.	Arbeit	Arbeitsbreite [cm]		Reifenbreite mm	Außendurchmesser m	Kontaktfläche m²	Radlast in kN	summ. befahrene Fläche [%]	bef. tatsächlich Fläche %	Druck in	Druck in	Druck in	Druck in	Druck in	Druck in	Druck in
										1 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm
										Tiefe	Tiefe	Tiefe	Tiefe	Tiefe	Tiefe	Tiefe
										Kontaktflächendruck kPa (klassiert)						
1 Grubbern	600	1. Achse	600	1,644	0,2466	13,9	20,0	24,0	24,0	60	60	56	47	38	30	24
	2. Achse	716	2,060	0,3687	36,2	24,0	100			100	96	86	73	61	50	
						44,0										
2 Kreiseldrillen	450	1. Achse	600	1,644	0,2466	13,7	26,7	32,0	32,0	60	60	56	47	38	30	24
	2. Achse	715	1,935	0,3459	29,0	32,0	80			80	77	69	59	48	40	
						58,7										
3 Mineraldüngung	1800	1. Achse	435	1,250	0,1359	4,0	4,9	5,3	5,3	30	29	25	18	13	10	7
	2. Achse	470	1,964	0,2308	26,0	5,3	110			108	94	73	54	40	30	
						10,2										

Die **Bewertung der Eignung** wird durch den **Vergleich mit dem Belastungsbereich** des Standortes möglich.

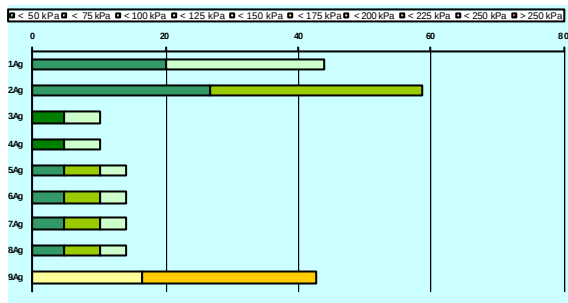
Durch die **Ermittlung der Tiefenwirkung** des Raddrucks ist auch der **Schutz der Unterböden** vor Schadverdichtungen **gegeben**.

Die **Betriebsstruktur** und die daraus resultierende Anbaustruktur hat einen entscheidenden Einfluss auf die **Überrollintensität**. Bei reinen **Mähdruschfruchtfolgen** ist die Überrollintensität **gering**. Durch die Körnerabfuhr und die Strohbergung bei Gemischtbetrieben steigt sie an und ist **bei der Futterernte mit hohen Masseerträgen vor allem bei geringen Arbeitsbreiten** bei der Ernte (z.B. Kartoffeln) **extrem hoch**.

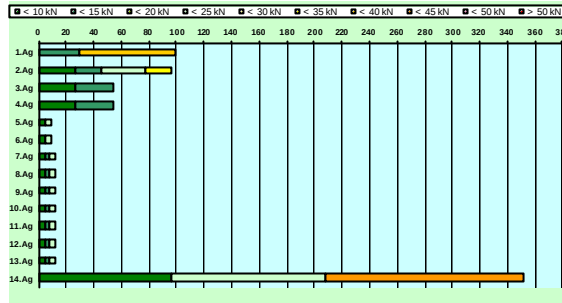


Zur **Beurteilung** der einzelnen Überrollungen müssen die **Kontaktflächendrücke** und die **Radlasten** der einzelnen Räder und ihr **Anteil an der summierten Spurfläche** berücksichtigt werden.

Anteil der Arbeitsgänge an der summierten Spurfläche in % beim
Getreideanbau der SVGK 3
gruppiert nach den Klassen des Kontaktflächendrucks [kPa]



Anteil der Arbeitsgänge an der summierten Spurfläche in % beim
Kartoffelanbau in der SVGK 3
gruppiert nach den Klassen der Radlast [kN]



Für jeden Maschinenzug wird die **Verdichtungswirkung jedes einzelnen Rades einschließlich der Tiefenwirkung des Bodendrucks berechnet**.

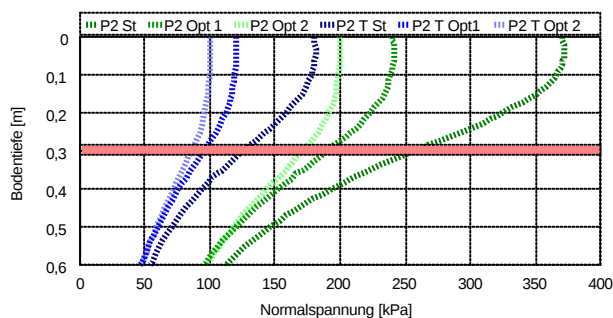
Durch den **Vergleich** mit der **standortspezifischen Belastbarkeit** ist die **Eignung für den Standort erkennbar**.

Durch den **Grad der Ausschöpfung** des möglichen Belastungsbereichs auf der Fläche und in der Tiefe wird die **notwendige Bearbeitungsintensität** bestimmt.

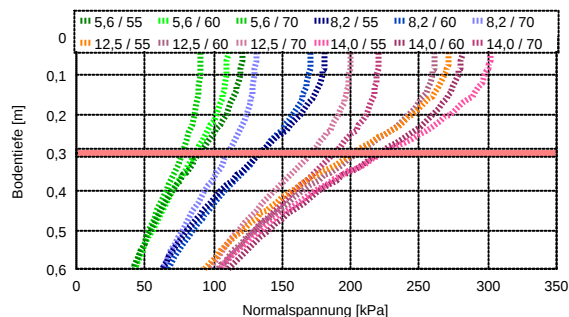
Bei den **technischen Möglichkeiten** sind alle Maßnahmen, die der **Senkung des Kontaktflächendrucks** dienen, wie lastangepasster Reifeninnendruck, Reifenverbreiterung, Außendurchmesserergrößerung sowie Bandlaufwerke auf die Anwendbarkeit zu prüfen.

Weiterhin sind alle Möglichkeiten der **Senkung der Radlast** durch Zwillings- bzw. Doppelbereifung, Tandem- bzw. Tridemachsen zu prüfen.

Normalspannungen in Abhängigkeit der Bodentiefe
bei einer Strohpresse (P2) mit und ohne Tandemachse und mit
unterschiedlicher Bereifung

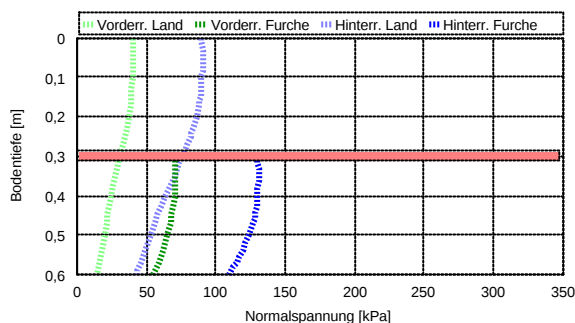


Normalspannungen in Abhängigkeit der Bodentiefe
beim Transport in Abhängigkeit von der Nutzlast und Bereifung

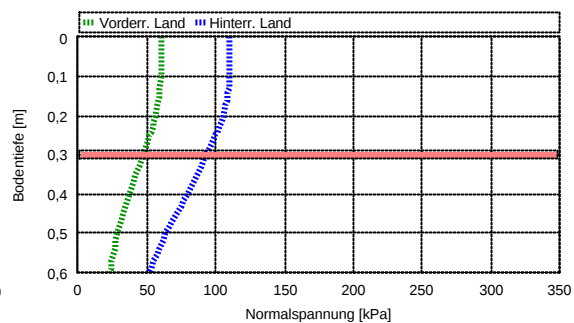


Zur Senkung der **Anzahl der Überrollungen** sind alle Möglichkeiten einer maßvollen gleichmäßigen Belastung auszunutzen, wie „Hundegang“, Onland Pflügen, die Anwendung von Düngemitteln mit Langzeitwirkung (Injektionsverfahren, ENTEK) sowie die maximale Nutzung aller Kombinationsmöglichkeiten der Zusammenlegung aller notwendigen Behandlungen mit Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden.

Normalspannungen in Abhängigkeit der Bodentiefe
beim Pflügen mit einem 180 kW Traktor in der Furche



Normalspannungen in Abhängigkeit der Bodentiefe
beim Pflügen mit einem 180 kW Traktor OnLand



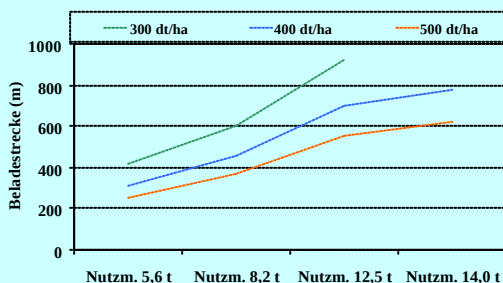
Bei den **technologischen Möglichkeiten** ist die **Zusammenlegung von Arbeitsgängen** wie z.B. Saatbettbereitung und Aussaat bei der Kreiseldrille (Tab.1) oder Gülleausbringung und Stoppelbearbeitung beim Güllegrubber sehr zu empfehlen. Die separate Bearbeitung stark belasteter Bereiche, in Tiefe und Intensität, ist zur Reduzierung des Bearbeitungsaufwandes sehr hilfreich.

Die Anlage von ausreichend **breiten Regelspuren** ist der Belastbarkeit der Bodenart anzupassen, bzw. kann es auch erforderlich werden, diese in **doppelter Anzahl** anzulegen und abwechselnd zu nutzen z.B. beim Kartoffelanbau.

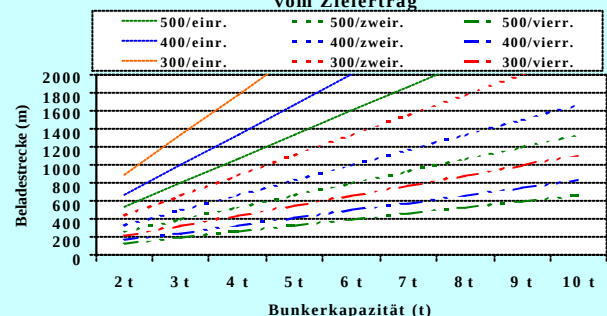
Ohne Reifeninnendruckregelanlagen ist die **Trennung von Feld- und Straßentransport** angebracht.

Bei der **Schlaggestaltung** bzw. **Schlageinteilung** kommt es darauf an, durch die bewusste Ausnutzung der Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen zu transportierenden Mengen und Arbeitsbreite und die sich daraus ergebenden **Ernte- bzw. Verteilstrecken** mit den **Ladekapazitäten** und der **Belastbarkeit des Standortes** ohne **Anschlussfahrten** in Einklang zu bringen.

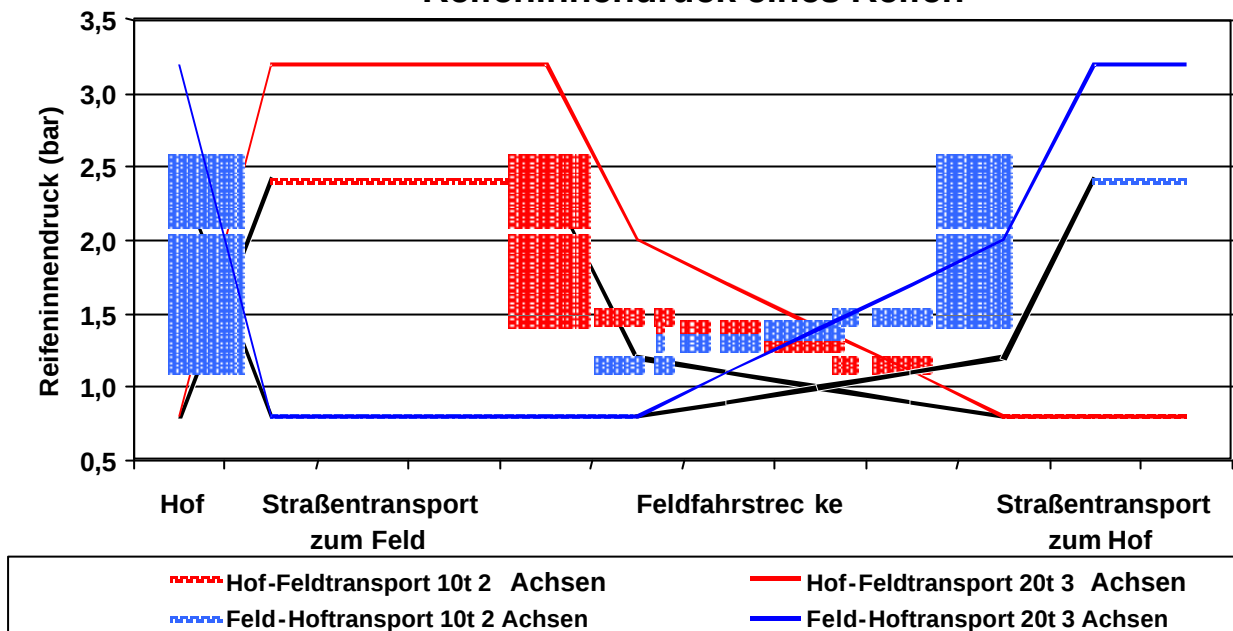
Zusammenhang zwischen Nutzmasse, Ertrag und
Beladestrecke bei der Silomaisernte (AB 4,5m)



Zusammenhang zwischen Arbeitsbreite,
Bunkerkapazität und Beladestrecke in Abhängigkeit
vom Zielertrag



Anforderungen an einen geschwindigkeits- und lastangepassten Reifeninnendruck eines Reifen



Werden alle Möglichkeiten auf die Einhaltung der **unteren Bereiche der Belastbarkeit** konzentriert und realisiert, können die vielen Vorteile der **konservierenden Bodenbearbeitung** voll **ausgeschöpft** und die **Bearbeitungsintensität auf ein Minimum beschränkt werden**.

Schon die hier aufgezeigten wenigen Möglichkeiten der Anpassung an die Belastbarkeit eines Standortes **erfordern im Interesse des Bodenschutzes die kreative Zusammenarbeit** der Landwirte, der Landtechniker, der Landmaschinenhersteller und Wissenschaftler.

Weiterführende Literatur

Petelkau, H.; Frielinghaus, M.; Seidel, K.; Thiere, J.(1999): Indikationskonzept zur Ableitung von Schadverdichtungsgefährdungsklassen nach der mechanischen Belastbarkeit der Böden für Nordostdeutschland. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Band 91, Heft 3, S 1499–1502.

Petelkau, H.; Seidel, K.; Frielinghaus, M. (2000): Ermittlung des Verdichtungswiderstandes von Böden des Landes Brandenburg und Bewertung von Landmaschinen und landwirtschaftlichen Anbauverfahren hinsichtlich der Beeinträchtigung von Bodenfunktionen durch die Verursachung von schwer regenerierbaren Schadverdichtungen. ZALF Müncheberg e.V., Institut für Bodenlandschaftsforschung, F- und E- Bericht im Auftrag des MUNR des Landes Brandenburg, 145 S.

Umsetzung der Vorsorge gegen Bodenerosion in den Bundesländern Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern

Winnige, Barbara (Müncheberg)¹; Funk, Roger; Frielinghaus, Monika:

1. Problemstellung

Ackerbau in erosionsgefährdeten Lagen hat langfristig nur in Verbindung mit geeigneten Schutzmaßnahmen Erfolg, da sonst nach und nach die Bodenqualität abnimmt und Umweltschäden entstehen. Daher muss die Vorsorge gegen Bodenerosion auf den gefährdeten Standorten stets erfolgen und zu den Grundprinzipien landwirtschaftlicher Nutzung gehören. Die Bodenerosionserscheinungen und -formen sind jedoch regionsspezifisch sehr unterschiedlich. Daher sind die möglichen Risiken für den Standort und die Umwelt auch differenziert zu bewerten. Ziel ist es, neben der möglichst genauen Risikoabschätzung eine dem Risiko entsprechende Vorsorge zu empfehlen und die dadurch erreichbare Risikoverminderung sichtbar zu machen.

Nachfolgend wird am Beispiel des Batzlower Mühlenfließes, eines sowohl wasser- als auch winderosionsgefährdeten Einzugsgebietes, dargelegt, nach welchen Prinzipien das von Standortfaktoren und Bodennutzung ausgehende Erosionsrisiko bewertet werden kann und wie daraus Entscheidungshilfen im Acker- und Pflanzenbau abgeleitet werden können.

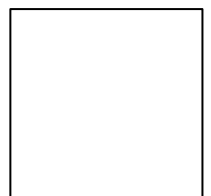
2. Untersuchungsgebiet

Das Batzlower Mühlenfließ, befindet sich im Osten Brandenburgs. Das westliche Gebiet ist durch eine hügelig wellige Grundmoränenlandschaft geprägt, in die mehrere kleine Seen und Mulden eingesenkt sind. Es herrschen Sande und lehmige Sande vor. Hier besteht ein Risiko durch *Wassererosion*.

Der östliche Teil ist eine großflächig ebene Fläche mit einem durch Meliorationsmaßnahmen abgesenkten Grundwasserspiegel, was zu einer Destabilisierung der Bodenoberfläche geführt hat. Die Böden im Randbereich der Oderniederung sind in diesem niederschlagsarmen Gebiet (470 mm Jahresniederschlag) durch *Winderosion* bedroht.

Die Böden sind durch ihre mehr als 250 jährige land- und forstwirtschaftliche Nutzung stark beeinflusst worden. Folgen sind großflächige Bodenverdichtungen in Kombination mit lokaler Humusverarmung sowie Strukturschäden und dadurch die Zunahme der Wasser- und Winderosion. Diese erosionsbedingten negativen Beeinträchtigungen des Landschaftshaushaltes erfordern präventive Maßnahmen und Schutzkonzepte.

¹ eMail: bwinnge@zalf.de

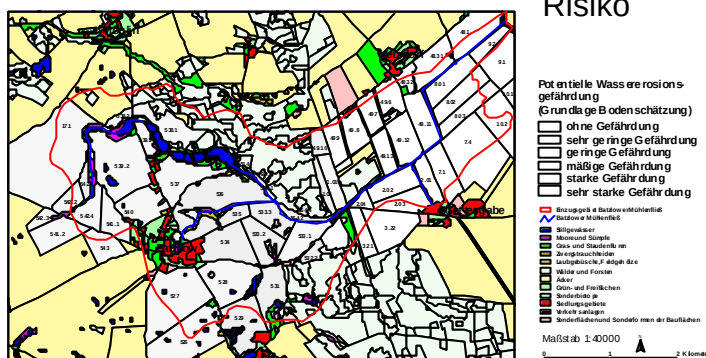


3. Empfohlenes Verfahren zur Einstufung der Erosionsrisiken

Schritte	Ergebnisse
I. Bewertung des Zustandes und der Belastbarkeit von Böden und Standorten	Karten der potenziellen Wasser- und Winderosionsgefährdung
II. Bewertung der Hangmorphologie (Tiefenlinien) und der Windoffenheit	Karten der präzisierten Erosionsgefährdung einer Region
III. Bewertung der langfristigen Wirkung der Landnutzung auf die Erosionsgefährdung	Regionsspezifische Karten, basierend auf der Strukturierung der Agrarlandschaft
IV. Bewertung der mittelfristigen Wirkung der agrarischen Landnutzung	Betriebliche Bewertung der Anbausysteme hinsichtlich der Erosionsgefährdung
V. Bewertung der tatsächlichen Wasser- und Winderosionsgefährdung	Karten der Schwerpunkte einer Region, für die vorrangig Entscheidungen zu treffen sind.
VI. Parzellenscharfe Ermittlung der Bodenbedeckung	Schlagweise Bewertung zur Optimierung der Vorsorge
VII. Parzellenscharfe Ermittlung von lokalen Wassererosionssystemen auf Acker- und Nachbarflächen	Karte mit Ausgrenzung lokaler Formen nach Erosionsereignissen für spezielle Maßnahmen
VIII. Bewertung von Gewässerrandstreifen und Flurgehölzen hinsichtlich ihrer Bremswirkung	Karte mit Qualitätsklassen der Gewässerrandstreifen und Windschutzpflanzungen
IX. Ableitung der Maßnahmen der guten fachlichen Praxis für einen nachhaltigen Boden- und Landschaftsschutz auf betrieblicher Basis oder für einzelne Regionen	

Bewertung des Zustandes und der Belastbarkeit von Böden und Standorten

Um die Bewirtschaftung an das anzupassen, besteht die Notwendigkeit der Einschätzung der potenziellen Erosionsgefährdung. Die potenzielle Gefährdung hängt von der naturräumlichen Ausstattung des Standortes ab (Bodenzusammensetzung, Hangneigung, klimatischer Lage usw.). Die Einstufung erfolgt einmalig auf der Basis vorhandener Datenbanken



Risiko

Für das Untersuchungsgebiet erfolgte

die Bestimmung der potenziellen Wassererosionsgefährdung durch die Verknüpfung der Bodenartengruppen der Bodenschätzung (1 : 10 000) mit den Hangneigungsgruppen der Hangneigungskarten (1 : 10 000).

Die potenzielle Winderosionsgefährdung wurde durch die Verknüpfung des Substratflächen- und des Hydromorphieflächentypes der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (1 : 25 000) ermittelt.

Ergebnis der Standortbewertung können Karten verschiedener Maßstäbe (Region, Betrieb) der potenziellen Wasser- bzw. Winderosionsgefährdung oder auch die Gefährdungseinstufung eines Einzelschlages sein. Für das Untersuchungsgebiet wurde die potenzielle Erosionsgefährdung schlagweise bestimmt (Abb. 1).

II. Bewertung der Hangmorphologie und der Windoffenheit zur Präzisierung der flächenhaften potenziellen Erosionsgefährdung

Dort, wo möglich oder erforderlich, kann eine Präzisierung mittels Einbeziehung regionsspezifischer Besonderheiten, wie Tiefenlinien oder Talwege oder erhöhte Windoffenheit, erfolgen.

Abb. 1: Potentielle Wassererosionsgefährdung

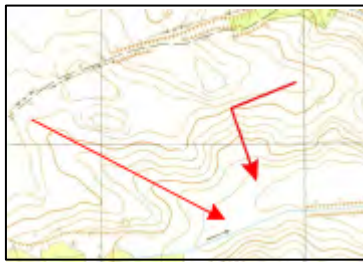


Abb. 2: Talwege im Batzlower Mühlenfließ

Um die flächenhafte Wassererosionsgefährdung zu präzisieren, wurden die potenziellen linearen Tiefenlinien (Talwege) bestimmt. Der Oberflächenabfluss folgt dort bestimmten Pfaden (Talwege), die sich aus der Oberflächenmorphologie ergeben. Die Bestimmung der Talwege erfolgte auf der Basis von großmaßstäbigen Topographischen Karten. Aus den großmaßstäbigen Karten sind die besonders ausgeprägten Talwege anhand der Höhenlinien zu erkennen (Abb. 2). Die Gebietsanalyse mit diesem Verfahren ist geeignet, im Vorfeld von Detailuntersuchungen und Planungen potenzielle lineare Erosionsschwerpunkte zu bestimmen. Die Anwendung dient als Werkzeug bei der Suche von Problemgebieten.

Zur Präzisierung der potenziellen Winderosionsgefährdung wurde die Windoffenheit für das Untersuchungsgebiet eingeschätzt. Grundlage hierfür war die Biotoptypen- und Landnutzungskartierung für das Land Brandenburg. Hierin sind alle flächen- und linienhaften Landschaftselemente enthalten. Es erfolgte die Einschätzung der Windschutzwirkung der vorhandenen Elemente. Die Wirksamkeit einer Hecke ergibt sich aus ihrer Höhe und Ausrichtung zu den vorherrschenden Windrichtungen. Jedem Element wurde entsprechend seiner Beschreibung in der Kartierung eine Höhe zugeordnet. Weiterhin wurde die Lage der Landschaftselemente zu den häufigsten Windrichtungen betrachtet. Für jede Windrichtung wurde der Schutzbereich vor und hinter jedem Landschaftselement berechnet und dargestellt (Schutzbereich vor jedem Element entspricht dem 5fachen der Höhe, Schutzbereich hinter jedem Element entspricht dem 25fachen der Höhe). Der Einfluss der einzelnen Windrichtungen ergab sich aus der Relation der Häufigkeit dieser Richtung zu allen Winden über 8 m/s. Die Schutzwirkung wurde in 5 Klassen eingeteilt (sehr gering bis sehr gut). Im Untersuchungsgebiet ist die Wirksamkeit der vorhandenen Hecken

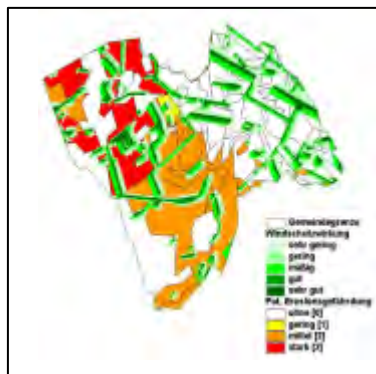


Abb. 3: Schutzbereiche der Windschutzhecken

gering, da zu wenig Hecken vorhanden sind und deren Ausrichtung zur Hauptwindrichtung ungünstig ist (Abb. 3).

Die Informationen zur potenziellen Gefährdung brauchen nur einmal als Grundlage beschafft und dann als Datenbanken gepflegt werden, weil sich die zugrundeliegenden Daten in der Regel nur in sehr langen Zeiträumen verändern.

Nicht alle potenziell gefährdeten Standorte müssen jedoch tatsächlich ein hohes Erosionsrisiko aufweisen. Erst die Art und Verteilung der Vegetation sowie die Nutzung und Bewirtschaftung gibt den Ausschlag, ob ein Standort tatsächlich gefährdet ist.

III. *Bewertung der langfristigen Wirkung der Landnutzung auf die Erosionsgefährdung*

Zunächst wurde die langfristige Nutzung (Wald-, Grünland- und Ackerverteilung) aus Luftbildern bzw. Topographischen Karten bestimmt. Zwischen langfristiger Wald-, Grünland- oder Ackernutzung treten große Unterschiede in der Erosionsgefährdung auf. Ein dichter Baumbestand verhindert, dass Niederschläge ungebremst den Boden erreichen. Eine dichte Grünlandnarbe schützt ebenfalls die Bodenoberfläche vor dem Aufprall der Regentropfen oder dem Abtrag durch Wind. Ackerland

hingegen ist je nach seiner Bewirtschaftung längere Zeit im Jahr nicht ausreichend bedeckt und daher zeitweise stark gefährdet, was die tatsächliche Erosionsgefährdung erhöht. Hier liegen jedoch die Einflussmöglichkeiten der Landnutzer. Wegen der ausschlaggebenden Bedeutung muss die Beurteilung von Bodennutzung und Bodenbewirtschaftung für Ackerstandorte mit erhöhtem potenziellen Risiko möglichst genau erfolgen.

IV. Bewertung der mittelfristigen Wirkung der agrarischen Landnutzung

Ein wesentlicher und zugleich einfach zu bestimmender Indikator ist die Bodenbedeckung. Die Wirkung der Vegetationsdecke, die von den angebauten und natürlich vorkommenden Pflanzen gebildet wird, ist ausschlaggebend für den Grad des Bodenabtrages durch Wasser oder Wind. Auf der Grundlage von Expertenwissen wurde eine Matrix entwickelt, die auf Basis von 5 Kriterien einzelne Fruchtarten und Anbaufolgen bezüglich ihrer Schutzwirkung infolge der Bodenbedeckung beurteilt (FRIELINGHAUS ET AL., 2002). Für das Untersuchungsgebiet wurden daher die angebauten Fruchtarten aufgenommen und mit Hilfe der Bewertungsmatrix die potenzielle Schutzwirkung (Nutzungsrisiko) ermittelt.

V. Bewertung der tatsächlichen Wasser- und Winderosionsgefährdung

Aus der Verknüpfung der potenziellen Gefährdung und dem Nutzungsrisiko ergibt sich die tatsächliche Gefährdung, auf deren Grundlage der Landwirt beurteilen kann, ob die Bodennutzung und –bewirtschaftung dem jeweiligen Risiko angepasst sind und damit die Vorsorge gegen Bodenerosion gewährleistet ist. Nach der in Tab. 1 vorgeschlagenen Vorgehensweise ergeben sich 3 Gefährdungsstufen.

Für das Untersuchungsgebiet wurden 7 % der untersuchten Flächen als niedrig tatsächlich gefährdet eingestuft, 72 % als mittel und 21 % als hoch (Abb. 4). Von dem hohen Anteil der potenziell stark und sehr stark wasser- (17 %) und winderosionsgefährdeten (39 %) Flächen ist die Gefährdung eines großen Teils bereits durch seine Nutzung im Untersuchungsjahr vermindert wurden. Auf den Flächen mit einem hohen tatsächlichen Risiko besteht jedoch dringender Handlungsbedarf bezüglich der Anwendung von Maßnahmen der guten fachlichen Praxis als Vorsorge gegen Bodenerosion. Im Bedarfsfall sollte sich eine direkte Indikation anschließen (Schritt VI. bis VIII.). Die Methoden für die direkte Indikation sind im „Informationsheft zum landwirtschaftlichen Bodenschutz im Land Brandenburg“ (2002) veröffentlicht.

Tab. 1: Bestimmung der tatsächlichen Bodenerosionsgefährdung (Risikostufe)

Bewertung des Standortes		Bewertung der Bodennutzung		
Standortrisiko	potenzielle Boden-erosionsgefährdung	Nutzungsrisiko		
		niedrig (ausreichende Schutzwirkung)	mittel (beginnende Schutzwirkung)	hoch (unzureichende Schutzwirkung)
niedrig	ohne und gering	niedrig	niedrig	mittel
mittel	mäßig	niedrig	Mittel	hoch
Hoch	stark und sehr stark	mittel	Hoch	hoch

Risikostufe „niedrig“

Vorsorge ist gewährleistet

Risikostufe „mittel“

Vorsorge ist im kritischen Bereich nicht gewährleistet

Risikostufe „hoch“

Vorsorge ist nicht gewährleistet

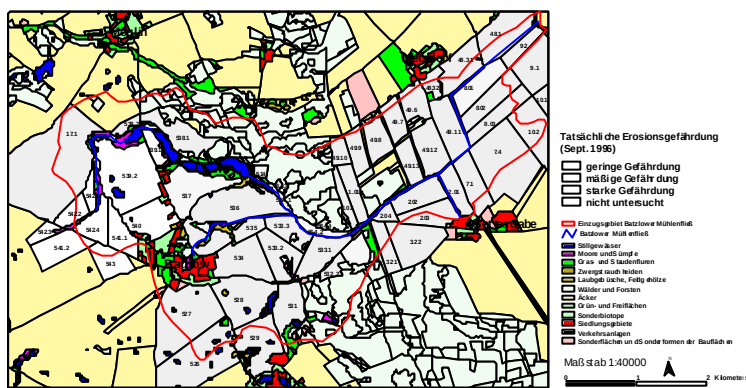


Abb. 4: Tatsächliche Wassererosionsgefährdung im Batzlower Mühlenfließ

IX. ABLEITUNG DER MAßNAHMEN DER GUTEN FACHLICHEN PRAXIS FÜR EINEN NACHHALTIGEN BODEN- UND LANDSCHAFTSSCHUTZ AUF BETRIEBLICHER BASIS ODER FÜR EINZELNE REGIONEN

Abgeleitet aus den Risikostufen (Tab. 1) ergeben sich folgende Maßnahmen:

KONSEQUENZEN FÜR DEN SCHUTZ VOR BODENEROSION		
Vorsorge ist gewährleistet	Vorsorge ist in kritischen Bereichen nicht gewährleistet	Vorsorge ist nicht gewährleistet
Ausreichende Bodenbedeckung im Anbauablauf bewirkt einen guten Schutz vor Bodenerosion 	Einzelfallentscheidungen sind notwendig. Alle zumutbaren Möglichkeiten zur Erhöhung der Bodenbedeckung in Anbauabläufen verbessern den Schutz vor Erosion 	Zusätzlich zu den Maßnahmen einer deutlichen Erhöhung der Bodenbedeckung verbessern Flurgestaltungsmaßnahmen den Schutz vor Erosion 
Empfohlen werden allgemeine acker- und pflanzenbauliche Schutzmaßnahmen	Empfohlen werden zusätzlich erosionsmindernde Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren	Empfohlen werden zusätzlich Maßnahmen einer erosionsmindernden Flurgestaltung

Die hier empfohlenen Schutzmaßnahmen sind in der Broschüre „Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung“ (BMVEL, 1999) zusammengestellt. Sie entsprechen der guten fachlichen Praxis auf risikobehafteten Standorten.

4. Literatur

BMVEL (1999): Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung. Broschüre, 24. S., Hrsg. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Referat Öffentlichkeitsarbeit, Postfach, 53107 Bonn.

BMVEL (2001). Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion. Bonn, 105 S.

FRIELINGHAUS, M.; WINNIGE, B. U.A. (2002): Informationsheft zum landwirtschaftlichen Bodenschutz im Land Brandenburg.-Gute fachliche Praxis- Teil Bodenerosion. Hrsg. MLUR Brandenburg. 71 S.

Humusbilanzierung als Beitrag zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung; Vergleich von Bilanzmethoden anhand eines brandenburgischen Dauerfeldversuchs

Prystav, Werner (Potsdam)¹; Zimmer, Jörg (Güterfelde)

Der standorttypische Humusgehalt ist gemäß §17 BBodSchG zu erhalten. Die Einschätzung des bewirtschaftungsbedingten Versorgungszustandes des Bodens mit organischer Substanz soll mittels einer geeigneten „Humusbilanzmethode“ erfolgen. Drei auf die landwirtschaftliche Praxis ausgerichtete Humusbilanzmethoden wurden anhand aus dem Dauerfeldversuch M4 vorliegender Bodenuntersuchungsergebnisse verglichen.

Am Versuchsstandort Groß Kreutz (Brandenburg, Deutschland) wird mit dem Dauerfeldversuch M4 seit dem Jahr 1967 in 25 Versuchsvarianten die Wirkung steigender Stickstoffgaben (0, 50, 100, 150, 200 kg N/ha und Jahr) jeweils in organisch gebundener (Stalldung) und mineralischer Form in einer Hackfrucht-Halmfrucht-Fruchtfolge untersucht. Die vorliegenden Standortbedingungen sind typisch für Teile des Landes Brandenburg (Tieflehm-Fahlerde, IS 3D 40/42, 537 mm, 8,9°C). Die Bewirtschaftung erfolgt ortsüblich, die Bodenbearbeitung wendend mit Pflug.

Die unterschiedliche Düngung führte zu einer Differenzierung der C-Gehalte im Boden. Ohne Düngung verminderten sie sich von 650 auf ca. 450 mg/100 g Boden. Auf der höchstgedüngten Variante stiegen sie auf ca. 900 mg/100 g Boden. Bei einer mittleren jährlichen Stickstoffzufuhr aus Stalldung in Höhe von 50-100 kg N/ha in Kombination mit mineralischer Stickstoffdüngung wurde der C-Gehalt des Bodens in etwa erhalten (Tab. 1). Bei gleicher organischer Düngung wirkte die mineralische Düngung in begrenztem Umfang humusmehrend.

Tab. 1: Änderung C-Gehalt Bodenuntersuchung 1967 zu 1998 (C_i mg/100 g Boden, 0-30 cm, 1,59 g/cm³ TRD)

org. N-Düngung kg ha ⁻¹ a ⁻¹	N-Mineraldüngung kg ha ⁻¹ a ⁻¹				
	0	50	100	150	200
0	-258	-145	-210	-145	-118
50	-135	-53	-45	25	-63
100	-133	-5	-8	63	18
150	75	200	213	213	128
200	40	225	300	308	273

Bei der ROS-Methode wird der Humussaldo als Reproduktionswirksame Organische Substanz (ROS) angegeben. 1 t ROS entspricht 1 t organische Stalldungtrockenmasse. Dem ROS-Bedarf der humuszehrenden Fruchtarten ist die ROS-Zufuhr durch organische Düngemittel gegenüber zu stellen. Im Versuch M4 wäre ein Ausgleich der Humusbilanz bei mittlerer jährlicher Stalldungzufuhr in Höhe von 50 kg N/ha zu erwarten (Tab. 2). Bei der HE-Methode ist 1 Humuseinheit (HE) als 1 t Humus mit 55 kg N und 580 kg C definiert. Nach der HE-Methode werden zum Ausgleich der

Tab. 2: Humussaldo ROS- und HE-Methode (1967 bis 1998)

org. N-Düngung kg ha ⁻¹ a ⁻¹	ROS-Methode* t ROS/ha	HE-Methode** HE/ha
0	-74	-39
50	-5	-21
100	63	-3
150	132	15
200	201	32

*) mittlerer Standort vgl. Roschke 2000; Hinweise zur Reproduktion der organischen Substanz in den Böden des Landes Brandenburg.

**) konventionelle Bewirtschaftung vgl. Leithold et al. 1997:

Humusbilanzierung - Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator.

¹ eMail: wprystav@atb-potsdam.de

Humusbilanz jährlich 100 kg N/ha aus organischer Düngung benötigt.

Im PC-Programm REPRO wurde die HE-Methode dynamisiert, indem zusätzlich der N-Entzug mit dem Ertrag, die mineralische N-Düngung und über die Ackerzahl die N-Verwertung am Standort berücksichtigt werden (Hülsbergen u. Diepenbrock 1996). Aufgrund der HE-Definition kann die Änderung der C-Gehalte im Boden abgeschätzt werden (Tab. 3). Mit REPRO wurden die Änderungen im C-Gehalt bei 100-150 kg N-Zufuhr aus organischer Düngung je ha und Jahr in richtiger Größenordnung berechnet. Bei 0-50 kg N/ha und Jahr aus Stallmist wurde ein stärkerer Humusabbau erwartet als festgestellt wurde.

Tab. 3: Änderung C-Gehalt Berechnung REPRO 1967 zu 1998
(C_t mg/100 g Boden, 0-30 cm, 1,59 g/cm³ TRD)

org. N-Düngung kg ha ⁻¹ a ⁻¹	N-Mineraldüngung kg ha ⁻¹ a ⁻¹				
	0	50	100	150	200
0	-295	-366	-353	-355	-345
50	-233	-239	-194	-177	-162
100	-106	-71	5	31	34
150	44	105	195	222	237
200	201	318	396	435	447

ROS-Methode und HE-Methode geben einen unterschiedlichen Bedarf an organischer Substanz an, um den Humusgehalt des Bodens zu erhalten. Beide Methoden berücksichtigen den Einfluss der mineralischen Stickstoffdüngung nicht. Mit dem PC-Programm REPRO wird die humuserhaltende Wirkung mineralischer Stickstoffgaben im heute für das Land Brandenburg praxisrelevanten Bereich organischer Düngung (0 bis 50 kg N/ha und Jahr) unterschätzt.

Entscheidungshilfe zum bodengefügeschonenden Maschineneinsatz

Gierke, Ulrich (Leipzig)¹; Götze, Helmut; Stahl, Henning

Einleitung

Die wichtigste Produktionsgrundlage der Landwirtschaft ist der Boden. Es ist deshalb im ureigensten Interesse der Landwirte, den Boden nachhaltig zu nutzen und damit die standortspezifischen Bodenfunktionen zu erhalten bzw. zu verbessern.

Ein nicht zu unterschätzendes Problemfeld ergibt sich bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung aus der Notwendigkeit der Befahrung der Produktionsflächen mit Maschinen. Um den sich immer weiter verschärfenden Wettbewerbsbedingungen in der Landwirtschaft standhalten zu können, müssen die einzelnen Verfahren in erster Linie kostensparend gestaltet werden, was oftmals mit steigenden Gesamtgewichten der eingesetzten Maschinen einhergeht. Das Befahren mit hohen Radlasten birgt aber vor allem bei einem hohem Wassersättigungsgrad des Bodens ein schwer abzuschätzendes Risiko negativer Veränderungen des Bodengefüges in sich.

Daher wird zur weiteren Konkretisierung der guten fachlichen Praxis nach § 17 Bundes-Bodenschutzgesetz im folgenden ein Beratungskonzept vorgestellt, welches eine betriebliche **Schwachstellenanalyse** der mechanischen Belastung liefert, die als **Entscheidungshilfe** beim bodenschonenden Maschineneinsatz bzw. bei der Planung der Fahrwerksausstattung bei anstehenden Maschinen- und Geräteinvestitionen herangezogen werden kann. Auf anschaulichem Weg werden für Beratung und Praxis die Belastung und Beanspruchung des Bodengefüges durch jeden Arbeitsgang (Bodendruck) und die Stabilität des Bodens (Vorbelastung) miteinander verglichen. Dieser pragmatische Beratungsansatz liefert auf einem relativ einfachen aber nachvollziehbaren Weg die Basis für ein betriebliches Risikomanagement zur Vorsorge gegen negative Gefügeveränderungen.

Methoden

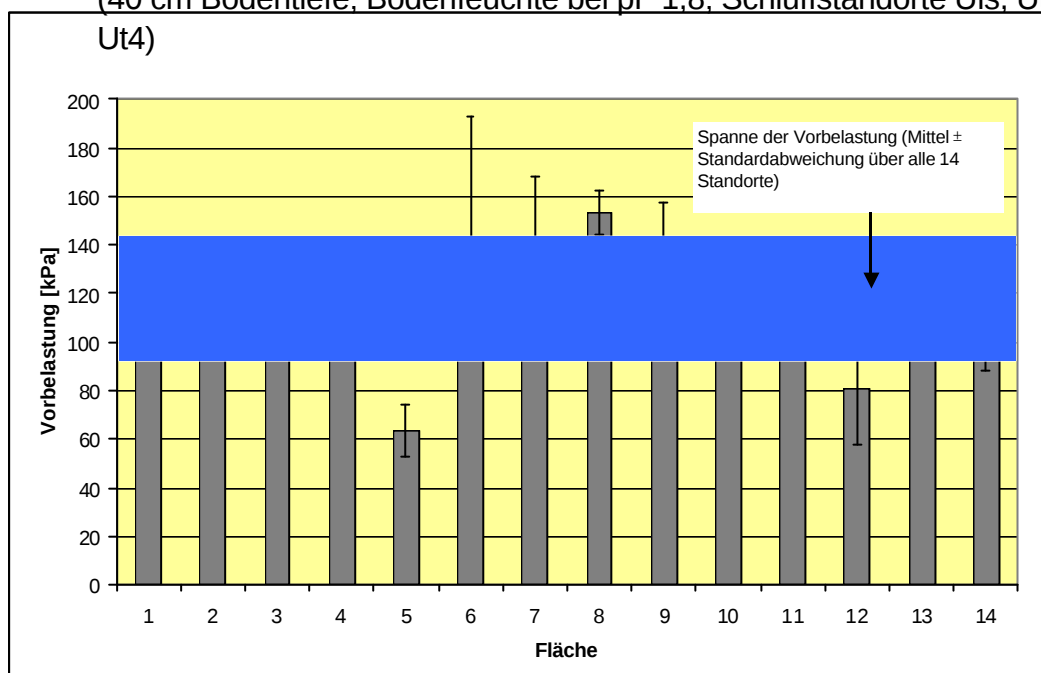
Als Orientierungswert für die Eigenstabilität der landwirtschaftlich genutzten Böden Sachsens wird der Parameter "mechanische Vorbelastung" (DVWK, 1995) verwendet. Die mechanische Vorbelastung wurde an repräsentativen Standorten in sächsischen Landwirtschaftsbetrieben mittels Ödometer gemessen, wobei auf jede der 6 Stechzylinderproben eines Horizontes nacheinander 8 Laststufen appliziert wurden (10, 20, 40, 80, 120, 180, 300 und 500 kPa). Die Proben wurden zuvor auf eine Bodenwasserspannung von pF 1,8 eingestellt. Die Belastungsdauer jeder Laststufe wurde auf 45 min veranschlagt. Obwohl die absolute Setzung auch zeitabhängig ist, konnte SEMMEL (1993) keine gravierenden Unterschiede in der Form der Druck-Setzungskurve mit 30 sec oder 23 h Lastdauer nachweisen. Der Vorbelastungswert wurde nach der CASAGRANDE- Methode (LEBERT, 1989) ermittelt. Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse von 14 Unterbodenhorizonten (40 cm) von

¹ eMail: Ulrich.Gierke@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

Schluffböden (Uls, Ut3, Ut4). Die Spanne der Vorbelastung für Schluffböden ergibt sich aus der Mittelwertbildung $\pm$ Standardabweichung der 14 Einzelergebnisse. Ebenfalls untersucht wurden Sand- und Lehm Böden (nicht dargestellt).

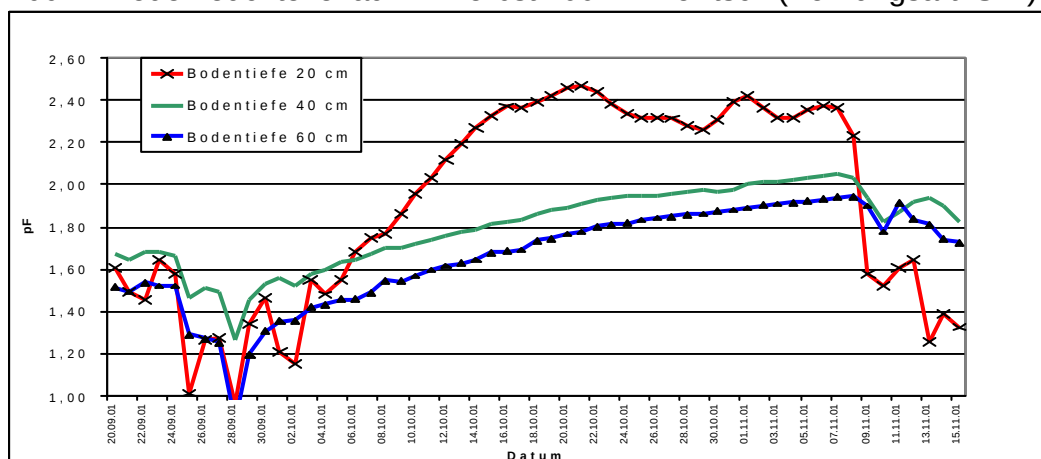
Die zugrunde gelegte Bodenfeuchte bei pF 1,8 stellt den druckempfindlichsten Zustand der Böden dar und kommt nach eigenen Untersuchungen nicht selten vor (Abb. 2), vor allem nach starken Niederschlägen im unteren Krumbereich und im Unterboden bei augenscheinlicher Befahrbarkeit (Spurtiefe). Deshalb orientiert sich das Beratungskonzept vorsorglich an dieser Feuchtesituation ("worst case").

Abb. 1: Druckbelastbarkeit des Unterbodens sächsischer Ackerflächen (40 cm Bodentiefe; Bodenfeuchte bei pF 1,8; Schluffstandorte Uls, Ut3 und Ut4)



Betrachtungshorizont ist der Unterboden bei 40 cm Tiefe, da hier eine häufige Überschreitung der Vorbelastung durch den Bodendruck möglicherweise langfristig zu schweren bzw. nicht reparablen Gefügeschäden führen kann.

Abb. 2: Bodenfeuchteverlauf im Herbst 2001 in Köllitsch (Körnungsart: SI 4)



Der vertikale Bodendruck in 40 cm wird mit der umgestellten Newmark – Formel (DVWK, 1995) anhand einfacher Eingangsdaten (statische Radlast, Reifendurchmesser und Reifenbreite) folgendermaßen für jeden Arbeitsgang berechnet:

Kontaktfläche [cm²] = Reifenbreite [cm] x Außendurchmesser [cm] x 0,27
(INNS und KILGUOR, 1978)

Mittlerer theoretischer Kontaktflächendruck [kPa] = Radlast [kg] / Kontaktfläche [cm²] * 0,981*10²

$$\text{Mittlerer theoretischer Bodendruck in 40 cm Tiefe} = d_o \left\{ 1 - \frac{1}{\sqrt{\left[\left(\frac{r}{z}\right)^2 + 1\right]^{vk}}} \right\}$$

d_o = Kontaktflächendruck [kPa];

r = Äquivalentradius der Reifenkontaktfläche [cm];

z = Bezugstiefe = 40 cm (beim Arbeitsgang "konventionelles Pflügen" 10 cm);

vk = Konzentrationsfaktor (nach DVWK, 1995 vereinfacht mit "3" festgelegt)

Schwachstellenanalyse als Entscheidungshilfe zum bodenschonenden Maschineneinsatz

Anhand des Vergleichs zwischen der mechanischen Beanspruchung und der Vorbelastung wird geprüft, ob die Bodendrücke der eingesetzten Maschinen die Spanne der Vorbelastung erreichen bzw. überschreiten. Arbeitsgänge und Maschinen, die diesen Tatbestand erfüllen, sollten die Schwerpunkte des betrieblichen Risikomanagements zum Bodengefügeschutz darstellen (Betriebsbeispiel Abb. 3). Dazu ist ein Maßnahmenkatalog zu erstellen. Die Wirksamkeit der Maßnahme kann anschließend mit dem Modell überprüft werden. Unabhängig von der angestrebten Maßnahme, bildet ein situationsgerecht angepasster Reifenfülldruck die Basis bei der Bodenschonung.

Diskussion

Zur Verwendbarkeit des Parameters Vorbelastung zur Kennzeichnung der mechanischen Belastbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden bestehen noch viele offene Fragen (SCHÄFER-LANDEFELD u. BRANDHUBER, 2001). Dies unterstreichen auch erste Messungen in Sachsen, die teilweise eine starke Streuung der Vorbelastung zwischen einzelnen Standorten der gleichen Bodenartenhauptgruppe aber auch innerhalb eines Standortes zeigen (Abb. 1). Somit wird auch die von WIERMANN (1998) gefundene jahreszeitliche und bewirtschaftungsabhängige Dynamik des Parameters, selbst im Unterboden, bestätigt.

Andererseits besteht unbestritten ein Zusammenhang zwischen der Vorbelastung und Bodenstrukturparametern (LEBERT, 1989; NISSEN, 2000; GYSI, 2001).

Daher bietet es sich trotz der noch offenen Fragen an, den Parameter Vorbelastung mit in die Überlegungen zum vorsorgenden Bodengefügeschutz einzubeziehen.

Insbesondere, da er durch die Dimensionsgleichheit zur landwirtschaftlichen Bodenbeanspruchung durch Maschinen und Geräte eine für den Landwirt anschauliche und vorstellbare Größe darstellt.

Darin liegt ein Grund, den Parameter Vorbelastung als **Orientierungsgröße** in der Schwachstellenanalyse zum Bodengefügeschutz zu verwenden.

Um den oben dargelegten Unsicherheiten bezüglich der Festlegung eines standortspezifischen Wertes für die Vorbelastung Rechnung zu tragen, wird in der Schwachstellenanalyse die Spannbreite der für eine Bodenartenhauptgruppe an verschiedenen Standorten und bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung gemessenen Vorbelastungswerte verwendet, sofern die Bodenstrukturparameter (Luftkapazität, Wasserleitfähigkeit) nicht auf eine Schadverdichtung hinweisen. Es ist zu erwarten, dass diese Werte die standörtlichen und klimatischen Bedingungen besser wiedergeben, als Modellgleichungen z.B. gemäß DVWK (1995), die sich auf die gesamte Bundesrepublik beziehen.

Ferner wird so das Problem umgangen, dass die für diese Modellgleichungen erforderlichen Eingangsparameter für Praxis und Beratung in der Regel nicht immer vollständig zur Verfügung stehen bzw. die Entscheidung über die Auswahl der richtigen Gleichung schwierig ist. Der Aufwand wird somit geringer.

In Zukunft sollte es möglich sein, landesspezifisch eine ausreichende Anzahl standortspezifischer Messwerte zur Vorbelastung bei unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen zur Verfügung zu stellen, auf die für eine Schwachstellenanalyse zurückgegriffen werden kann.

Für die Verwendung des Parameters Vorbelastung spricht im Sinne des vorbeugenden Bodengefügeschutz auch die Tatsache, dass er als Kennwert für die langfristige statische Belastbarkeit von Böden eine Sicherheitsreserve bezüglich der Impulsbelastung in der landwirtschaftlichen Befahrpraxis beinhaltet.

So zeigen eigene Bodendruckmessungen mit vertikal ausgerichteten DMS-Sensoren, dass der tatsächliche Bodendruck bis in 40 cm Tiefe, die gemessenen Werte der Vorbelastung im Einzelfall deutlich übersteigen kann.

Die Ursache hierfür liegt in dem komplexen Zusammenwirken vieler Faktoren (u.a. Druckverteilung in der Kontaktfläche, Reifenfülldruck, Bodenstruktur, Wasserverhältnisse in den Bodenschichten, Verdichtungshorizonte). Daher kann ähnlich wie die Druckbelastbarkeit des Bodens auch die Druckbelastung durch Maschinen nur unzureichend eingeschätzt werden. Auf Grund dieser Unsicherheiten muss vorsorgliches Handeln beim Bodengefügeschutz an erster Stelle stehen.

Fazit

Die Entscheidungshilfe zum bodengefügeschonenden Maschineneinsatz berücksichtigt die grundlegenden Wechselbeziehungen zwischen Belastung und Belastbarkeit des Bodens in vereinfachter Form und ermöglicht vorsorgende Überlegungen zum standortangepassten Einsatz und zur Ausstattung und Ausrüstung des landwirtschaftlichen Maschinenparks.

Da es sich bei der Belastbarkeit und Belastung des Bodengefüges um einen äußerst vielschichtigen Ursache – Wirkungs – Komplex handelt, kann dieser Ansatz weder die aktuelle Befahrbarkeit des Bodens einschätzen, noch als Grundlage für gesetzliche Restriktionen herangezogen werden.

Er soll in erster Linie vorsorglichen Überlegungen und Entscheidungen im landwirtschaftlichen Bodengefügeschutz dienen.

Abbildung 3: Vergleich Bodendruck und Vorbelastung (Betriebsbeispiel)

Betrieb: Beispieldorf		Bodenartenhauptgruppe:				Schluff	
Arbeitsgang	eingesetzte Technik	Reifenabfolge bei einer Überfahrt	Radlast ¹⁾ [kg]	Reifendurchmesser ²⁾ [cm]	Reifenbreite ³⁾ [cm]	Kontaktflächen- druck [kPa]	Bodendruck in 40 cm Tiefe [kPa]
Pflügen	Traktor / MF 9240	480 / 70 R30	1590	149	46	84	71
Pflügen		650 / 65 R38	4032	194	62	123	109
Schwergrubbern	Traktor / MF 9240	480 / 70 R30	1590	149	46	84	43
Schwergrubbern		650 / 65 R38	4032	194	62	123	72
Scheibeneffen	Traktor / John Deere 8400	600 / 65 R28	1500	149	66	55	31
Scheibeneffen		710 / 70 R38	3826	193	72	101	61
Saatbettbereitung	Traktor MF 9240	600 / 65 R28	1590	149	66	59	33
Saatbettbereitung		710 / 70 R38	2880	193	72	76	46
Aussaat	Traktor MF 3690	48x25.00 - 20NH	1720	125	64	79	42
Aussaat		66x43.00 - 25NH	2580	166	107	53	34
Mineraldüngung	Traktor MF6290	230 / 95 R36	1088	136	23	126	51
Mineraldüngung		270 / 95 R38	3062	147	29	261	116
org. Düngung	Terragator	66x43.00 - 25NH	6000	166	107	123	79
org. Düngung		66x43.00 - 25NH	8400	166	107	172	110
org. Düngung		66x43.00 - 25NH	8400	166	107	172	110
Pflanzenschutz	Traktor MF6290	230 / 95 R36	1088	136	23	126	51
Pflanzenschutz		270 / 95 R38	2132	147	29	182	81
Pflanzenschutz	BBG-Anhängerspritze	9.5 x 48	2325	167	23	221	95
Mähdrusch	MF 7276	800 / 65 R32	7350	186	82	176	109
Mähdrusch		500 / 60 - 22.5	2600	117	50	161	79
Häckseln	Claas Jaguar 860	800 / 65 R32	3840	186	82	92	57
Häckseln		16.09.24	2500	134	43	159	77
Rübenroden	Matrot M 41 H	12.4 R36	2000	146	32	157	71
Rübenroden		650 / 75 R34	6000	185	69	171	102
Erntetransport	Traktor MF 3690	480 / 70 R30	1720	148	48	88	45
Erntetransport		20.8 R42	2580	195	55	88	50
Erntetransport	Anhänger Conow HW 80	16 / 70-20	3750	110	42	297	135
Erntetransport		16 / 70-20	3750	110	42	297	135
Erntetransport	Traktor MF 3690	480 / 70 R30	1720	148	48	88	45
Erntetransport		20.8 R42	2580	195	55	88	50
Erntetransport	Anhänger Heywang RB 140 MB	16.5 / 22.5	3950	106	40	338	150
Erntetransport		16.5 / 22.5	3950	106	40	338	150

Mittelwert der Vorbelastung (s. Abb. 1)
±Standardabweichung

1) Zusätzliche Radlasten berücksichtigen !!!

wirksame Radlast bei Anbaugeräten = Hinterlast des Traktors [kg] + 0,5 x Gesamtlast des Anbaugerätes bei voller Ladefähigkeit [kg] x 1,3

im Dreipunktanbau [kg]

wirksame Radlast bei Aufsattel- = Hinterlast des Traktors [kg] + 0,5 x Stützlast (laut Herstellerangaben) der aufgesattelten Arbeits- oder Transportgeräte [kg]
geräten [kg]

wirksame Radlast bei Grundbodenbearbeitung (Pflügen, Scheibeneffen, Schwergrubbern) = Hinterlast des Traktors [kg] x 1,4

2) laut Reifentabelle oder gemessen [cm]

3) laut Reifentabelle oder gemessen [cm] !!!

Literatur

DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau), 1995: Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden (Teil I). DVWK-Merkblatt 234.

GYSI, M., 2001: Bodenverdichtung: Vorbelastung als Stabilitätsmaß, Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Nr. 566 / 2001.

INNS, F.M. und KILGUOR, J., 1978: Agricultural tyres. Dunlop, 69 pp.

LEBERT, M., 1989: Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. Bayreuther Bodenkundl. Ber. (12).

NISSEN, B., 2000: Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von repräsentativen Ackerböden der Bundesrepublik Deutschland - bodenphysikalischer Ansatz. Schriftenreihe, Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Universität Kiel, Nr. 50.

SCHÄFER-LANDEFELD, L. und BRANDHUBER, R., 2001: Regressionsmodelle zur Bestimmung der mechanischen Vorbelastung von Böden – Ein tragfähiges Konzept ? Z. Bodenschutz 2 / 01, 48-52.

SEMMELE, H., 1993: Auswirkungen kontrollierter Bodenbelastungen auf das Druckfortpflanzungsverhalten und physikalisch-mechanische Kenngrößen von Ackerböden. Schriftenreihe, Inst. f. Pflanzenern. u. Bodenkunde, Universität Kiel, Nr. 26.

WIERMANN, C., 1998: Auswirkungen differenzierter Bodenbearbeitung auf die Bodenstabilität und das Regenerationsvermögen lößbürtiger Ackerstandorte. Schriftenreihe, Inst. f. Pflanzenern. u. Bodenkunde, Universität Kiel, Nr.45.

Die Wirkung von Hydroabsorbern auf Aggregatbildung und Erodierbarkeit sandiger Böden

Wegener, Hans-R. (Gießen)¹; Zeiger, Marcus; Wegener, Oliver

1 Einleitung und Zielsetzung

Der sachgemäße Einsatz von Hydroabsorbern (Super Absorbent Polymers, SAP) auf sandigen bis lehmigen Böden verbessert u.a. bodenphysikalische Eigenschaften, so dass das Ertragspotenzial des Bodens gesichert bzw. gesteigert werden kann (WEGENER & WEGENER, 2000A UND 2000B; WEGENER, KRÄMER & WEGENER, 2001).

Im Rahmen einer umfassenden Versuchsreihe (Labor-, Gefäß- und Beregnungsversuche) wurde die Wirkung von Hydroabsorbern auf bodenphysikalische Eigenschaften von drei sandigen Böden der LUFA Speyer (~3 , ~6 und ~9 % Ton) getestet. Daneben wurde die Anwendbarkeit und Aussagekraft herkömmlicher Methoden zur Bestimmung der Aggregatstabilität (Siebtauchverfahren, Perkulationsmethode, Beregnung) bei mit Hydroabsorbern behandelten Böden ermittelt.

Die Erodierbarkeit des Sandbodens mit ~3 % Ton wurde zudem in einem Beregnungsversuch mit einem Großregner bestimmt.

In den Versuchen wurde ein pH-neutrales Acrylamid-Acrylsäure-Copolymer auf Kalium-/ Ammoniumsalzbasis (Stockosorb der Fa. Stockhausen/Krefeld) mit Steigenden Aufwandmengen eingesetzt.

2 Material und Methoden

2.1 Bestimmung der Aggregatstabilität

Gewinnung der Bodenaggregate aus einem abgeschlossenen Gefäßversuch mit Mais (*Zea mays*) in Mitscherlich-Gefäßen:

Böden:

- Boden 2.1 der LUFA Speyer (Ss; 1,8 % Ton, 9,9 % Schluff, 88,3 % feinsandiger Mittelsand (mSfs)),
- Boden 2.2 der LUFA Speyer (SI2; 6,7 % Ton, 15,4 % Schluff, 78,1 % Sand),
- Boden 2.3 der LUFA Speyer (SI3; 9,5 % Ton, 29,5 % Schluff, 61,1 % Sand),

Hydroabsorber: Stockosorb Agro der Fa. Stockhausen (Krefeld),

- pH-neutrales Acrylamid-Acrylsäure-Copolymer auf Kalium/ Ammoniumsalzbasis,
- Wirkdauer von mindestens 5 Jahren,
- Wasserspeicherkapazität:
 - bei freier Quellung ca. 200 g/g SAP,
 - eingearbeitet im Boden ca. 100 g/g SAP,
- gespeichertes Wasser zu annähernd 100 % pflanzenverfügbar,
- Wasseraufnahme und -abgabe reversibel.

¹ eMail: hans-r.wegener@agr.uni-giessen.de

Aufwandmengen: 0, 1, 2, 3 und 5 g Hydroabsorber je l Boden; homogen mit Rührwerk eingemischt,

Messmethoden:

- Siebtauchverfahren (HARTGE & HORN (1989); Siebsatz mit Maschenweiten 5, 3, 2 und 1 mm; Hubhöhe 38 mm; 35 Hübe/min.; 5 min. Nasssiebdauer)
- Perkulationsmethode (in Anlehnung an die Methoden von SEKERA & BRUNNER (1943) sowie EURICH-MENDEN (1996); Plexiglasrohr mit 4,2 cm Innendurchmesser und 15 cm Länge; 50 g Bodeneinwaage; konstanter Wasserdruck 20 hPa).
- Berechnung mit einem Großregner (in Anlehnung an die Methode von FOHRER, 1995; Beschreibung des Großregners siehe unten; Maschenweite der Siebe: 2,5, 1,5, 1,0 und 0,5 mm; 7-minütige Beregnung bei 30 mm/h)

Wiederholungen: mindestens drei.

2.2 Bestimmung der Erodierbarkeit

Vegetationsloser Versuch mit Erosionswannen unter einem Großregner.

Boden: Boden 2.1 der LUFA Speyer (Ss; 1,8 % Ton, 9,9 % Schluff, 88,3 % feinsandiger Mittelsand),

Hydroabsorber: STOCKOSORB AGRO der Fa. Stockhausen (Krefeld), (Beschr. siehe oben),

Aufwandmengen: 0, 1, 2, 3 und 5 g Hydroabsorber je l Boden; homogen mit Rührwerk eingemischt,

Messmethode:

- Erosionswannen (30 x 45 x 10 cm; 8 cm Füllhöhe des Bodens; Neigungswinkel bei der Beregnung: 5°, 10°, 20° und 30°; 20-minütige Beregnung bei 30 mm/h) unter einem
- Großregner (2500 Kapillaren je m²; 7 m Fallhöhe; Tropfenspektrum etwa 0,4 – 5 mm).

Wiederholungen: drei.

3 Ergebnisse

Die Versuche sowie weitere Versuchsreihen haben gezeigt, dass verschiedene bodenphysikalische Eigenschaften mit steigenden Aufwandmengen Hydroabsorber nachhaltig und z.T. signifikant verändert werden (WEGENER & WEGENER, 2000).

3.1 Einfluss auf die Aggregatstabilität

Durch die Applikation wird die Aggregierung von Boden 2.1 verbessert. Die Veränderungen des **Gewogenen Mittleren Durchmessers** (ϕ_{GMD}) von Boden 2.1 sind in **Abb. 1** dargestellt (ZEIGER, 2001). Boden 2.2 und Boden 2.3 zeigten nur tendenziell eine Verbesserung.

Durch Quellungs- und Schrumpfungsvorgänge der Hydroabsorberpartikel kann es zu kleinräumigen Verdichtungen im Boden kommen, die zu einer Aggregierung von

Bodenteilchen führen können. Daneben sind die Hydroabsorberpartikel oberflächenaktiv und haben so eine vernetzende Wirkung. Das verbesserte Bodengefüge ermöglicht ein besseres Wurzelwachstum (WEGENER & WEGENER, 2000A), so dass Haarwurzeln und Wurzelausscheidungen wiederum zur Aggregation beitragen können.

Während die Berechnungsmethode und das Siebtauchverfahren zur Bestimmung der Aggregatstabilität von mit Hydroabsorbieren behandelten Böden geeignet sind, lässt die Perkulationsmethode nur tendenzielle Unterschiede erkennen.

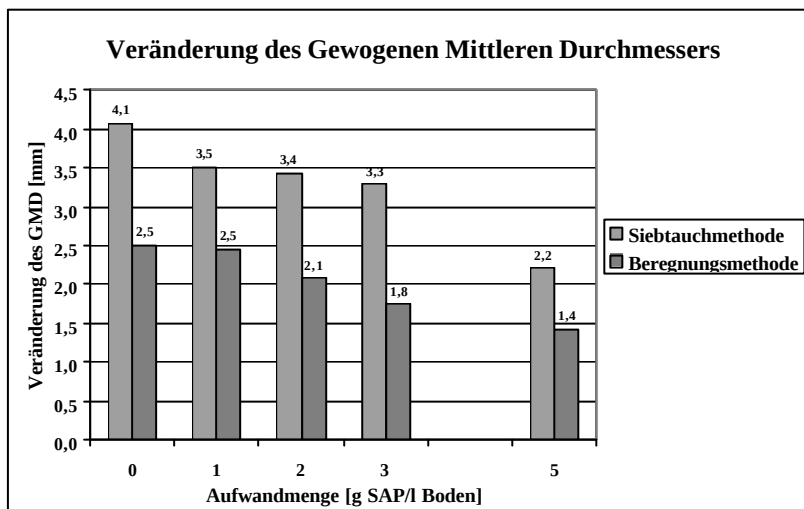


Abb. 12: Veränderung des Gewogenen Mittleren Durchmessers (Boden 2.1).

3.2 Einfluss auf die Erodierbarkeit

Mit dem Beregnungsversuch zur Erodierbarkeit des Bodens 2.1 konnte gezeigt werden, dass durch den Einsatz von Stockosorb der Oberflächenabfluss und der Bodenabtrag reduziert werden können (**Abbildungen 2 und 3**). Dies ist auf ein Zusammenwirken verschiedener Faktoren zurückzuführen:

- Der Hydroabsorber verbessert die Aggregation des Bodens (siehe 3.1).
- Die Wasserspeicherkapazität des Bodens wird erhöht; durch das Quellen der Hydroabsorberpartikel wird das oberflächlich abfließende Wasser reduziert.
- Während des Trocknens des gequollenen Absorbers bleiben stabile Hohlräume im Boden zurück, welche die Infiltration von Beregnungs- oder Niederschlagswasser verbessern.
- Die gequollenen Hydroabsorberpartikel rauhen die Bodenoberfläche auf („Micro-Bermen“), was zu einer Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit und einer Erhöhung der Infiltrationsrate führt.

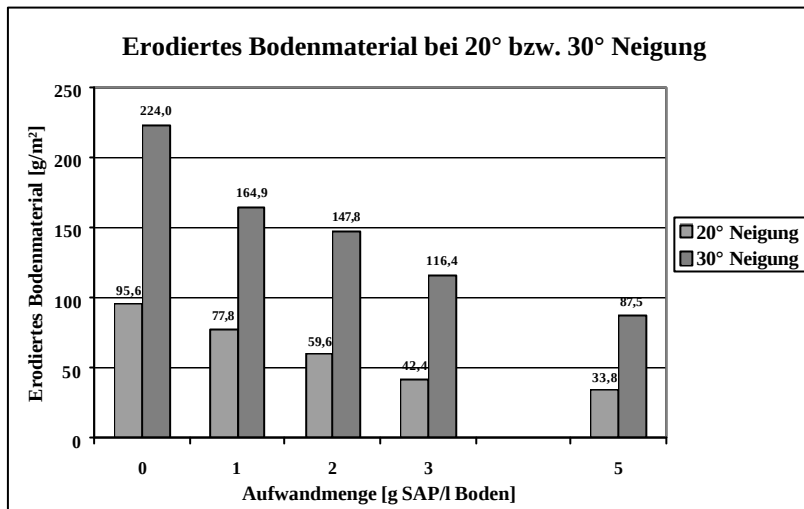


Abb. 2: Erodiertes Bodenmaterial bei 20° bzw. 30° Neigung (Boden 2.1).

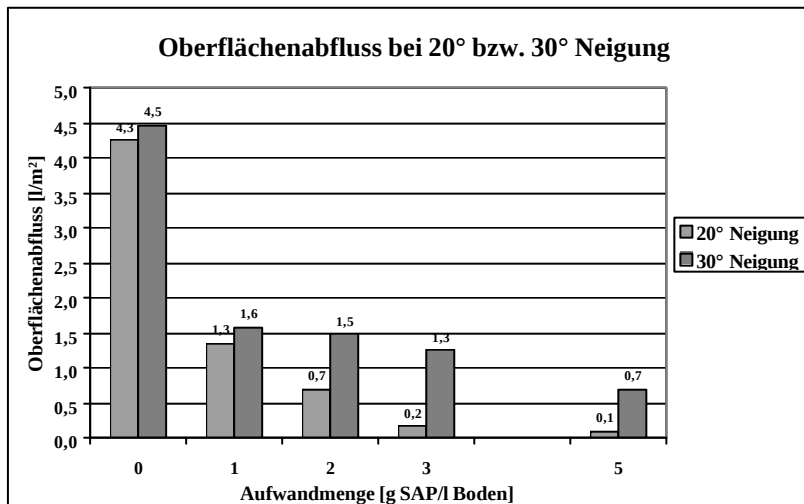


Abb.3: Oberflächenabfluss bei 20° bzw. 30° Neigung (Boden 2.1).

4 Schlussfolgerungen

- Der in den Boden eingearbeitete Hydroabsorber beeinflusst durch seine vielfältigen Eigenschaften bodenphysikalische Parameter und somit das komplexe Wirkungsgefüge Klima-Boden-Vegetation.
- Die Stabilität der Aggregate gegenüber dem Einfluss von Wasser kann bei feinsandigen Böden deutlich gesteigert werden.
- Sowohl die Siebtauchmethode als auch die Berechnungsmethode sind zur Bestimmung der Aggregatstabilität bei mit Hydroabsorbern behandelten Böden geeignet. Allerdings ist die Berechnungsmethode mit dem vorliegenden Versuchsaufbau (Großregner) sehr aufwendig.
- Die Perkulationsmethode lässt nur Tendenzen erkennen und ist bei mit Hydroabsorbern behandelten Böden nur bedingt anwendbar.
- Die Erodierbarkeit von feinsandigen Böden kann gesenkt werden, was u.a. auf die Erhöhung der Infiltrationsrate, der gesteigerten Wasserspeicherfähigkeit sowie die Stabilisierung der Aggregate zurückzuführen ist.
- Durch die Anwendung von Hydroabsorbern auf sandigen Böden können die Ressourcen Wasser und Boden nachhaltig geschont bzw. geschützt werden.

5 Literatur

- EURICH-MENDEN, B. (1996): Der Einfluss silikatischer Kalke auf die Phosphorverfügbarkeit und Aggregatstabilität landwirtschaftlich genutzter Böden unter besonderer Berücksichtigung der löslichen Silikate. Boden und Landschaft. Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landschaftsökologie. Band 7. Justus-Liebig-Universität Gießen.
- FOHRER, N. (1995): Auswirkung von Bodenfeuchte, Bodenart und Oberflächenbeschaffenheit auf Prozesse der Flächenerosion durch Wasser. Diss. FB 7 Univ. Berlin.
- HARTGE, K. H. & HORN R. (1989): Die physikalische Untersuchung von Böden. 2. Aufl., Enke Verlag Stuttgart.
- SEKERA, F. & BRUNNER, A. (1943): Beiträge zur Methodik der Gareforschung. Z. Bodenk. Pflanzenern. 29 (74), 169.
- WEGENER, H.-R. & WEGENER, O. (2000A): Die Wirkung von Hydroabsorbern auf Kenndaten des Wasserhaushalts sandiger bis lehmiger Böden. Postervortrag auf dem 112. VDLUFA-Kongress in Stuttgart-Hohenheim, 18. - 22. September 2000.
- WEGENER, O. & WEGENER, H.-R. (2000B): Lysimeterversuche zum Einsatz von Hydroabsorbern bei der Abdeckung und Begrünung von Deponien. IN: EGLOFFSTEIN/BURKHARDT/CZURDA (HRSG.) (2000): Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten 2000. Abfallwirtschaft aus Forschung und Praxis, Band 119. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- WEGENER, H.-R., KRÄMER, A. & WEGENER, O. (2001): Die Wirkung von Hydroabsorbern auf Wassergehalt und Wasserspannung eines sandigen Bodens. Postervortrag auf dem 113. VDLUFA-Kongress in Berlin, 17. - 21.09.2001.
- ZEIGER, M. (2001): Der Einfluss eines Hydroabsorbers auf die Stabilität von Bodenaggregaten. Unveröffentlichte Diplomarbeit am Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Fruchtfolgegestaltung und Bodenbearbeitung unter wasserlimitierten Standortbedingungen

Bischoff, Joachim (Bernburg)

Zusammenfassung:

Der Wassergehalt des Bodens ist unter semihumiden Standortbedingungen regelmäßig begrenzender Faktor in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. An der Bodenoberfläche verbleibende Pflanzenrückstände können die Wasserverdunstung vermindern, während jede tiefgreifende Bearbeitung diese erhöht.

Langfristig angelegte Untersuchungen auf einer Löss-Schwarzerde (60 % L₀₁, 20 % L₀₂; AZ: 85 – 96) am Standort Bernburg (9,1°C Jahresdurchschnittstemperatur, 469 mm Jahresniederschlag) vergleichen vier grundsätzliche Bodenbearbeitungsverfahren und die Direktsaat:

- Pflug/Packer (**P**): jährlicher Pflugeinsatz (25 cm),
- Locker (**L**): Lockerung der Krume mit Schichten grubber (25 cm),
- Mulchsaat (**MI**): Stroh-/Rübenblatt-Mulch (10 - 15 cm),
- Mulchsaat (**MII**): flache Vorsaatbearbeitung (4 - 6 cm),
- Direktsaat (**DS**): Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung.

In **Fruchtfolge I** stehen ab 1996 Winterweizen (WW), 1997 Zuckerrüben (ZR), 1998 WW, 1999 Wintergerste (WG), 2000 Körnererbsen (KöE) und 2001 WW. In **Fruchtfolge II** werden seit 1997 in einer vierfeldrigen Rotation ZR-SG-WW-WG angebaut.

Die Ergebnisse zeigen, dass die konservierende Bodenbearbeitung (MI, MII), und stärker noch die Direktsaat (DS), das Wasserspeichungsvermögen im Bodenprofil erhöhen. Dadurch sind in Trockenperioden die Pflanzenbestände besser mit Wasser versorgt, was sich dann in höheren Erträgen im Vergleich zum konventionellen Pflugeinsatz widerspiegelt, wenn Mulch- und Direktsaat technisch beherrscht werden. Verfahrenstechnik und Bestandesführung sind konsequent weiterzuentwickeln.

Bestimmung des Porenanteils in Böden und anderen Materialien unter Verwendung eines selbst gebauten Luftpyknometers, Flüssigkeitspyknometern und von Schätzwerten

Deller, Berthold (Karlsruhe)¹; Schmidt, Gerhard und Christina Niggemann

1. Einleitung

Der Anteil an Poren unterschiedlicher Größe und deren Kontinuität bestimmen die Fähigkeit eines Bodens oder Substrates, Wasser aufzunehmen und zu speichern sowie Luft mit der Atmosphäre auszutauschen. Der Volumenanteil an Poren, der – je nach Durchfeuchtung – mit Wasser oder Luft gefüllt ist, kann auf verschiedene Weise ermittelt werden:

a) Der (gesamte) Porenanteil als Differenz zum rechnerisch ermittelten Feststoffanteil. Dieser ergibt sich als Quotient aus der Trockenrohdichte und der Feststoffdichte ungestört entnommener oder auf eine standardisierte Rohdichte eingestellter Proben. Die Feststoffdichte lässt sich ihrerseits aus den Massenanteilen der organischen und mineralischen Bestandteile ermitteln, wobei meist Schätzwerte für deren Dichte zugrundegelegt werden, nämlich $2,65 \text{ g/cm}^3$, die Dichte von Quarz, für die Dichte der mineralischen und $1,4 \text{ g/cm}^3$ für die Dichte der organischen Bestandteile. Beide treffen in realen Proben nicht immer zu. So wird für die Dichte der organischer Substanz in Böden ein Bereich von $1,2$ bis $1,4 \text{ g/cm}^3$ (HARTGE und HORN, 1992) und für die Dichte der mineralischen Bestandteile ein Bereich von $2,63$ bis $2,70 \text{ g/cm}^3$ angegeben (VDLUFA, 2002). Diese Unsicherheiten können zu Fehlern bei der Bestimmung des Feststoff- bzw. Porenanteils führen.

b) Die Feststoffdichte kann auch analytisch ermittelt werden, z.B. im Flüssigkeitspyknometer (VDLUFA 2002). Man vermeidet dann die o.g. Fehlermöglichkeiten des Schätzverfahrens.

c) Luftpyknometer bestimmen das Volumen gasförmiger Stoffe in einer Messkammer. Führt man in diese Messkammer eine Probe ein, kann man das Volumen der verbleibenden Luft bestimmen und das Volumen der Feststoffe und (ggf.) Flüssigkeit in der Probe als Differenz zum Volumen der leeren Messkammer berechnen. Bezieht man dieses Volumen auf das Rohvolumen der Probe und berücksichtigt ggf. den Anteil an Wasser in der Probe, den man als Massenverlust bei anschließender Trocknung ermitteln kann, lässt sich daraus ebenfalls der Porenanteil in der Probe berechnen.

Der Einsatz des Luftpyknometers weist den Vorteil auf, dass man relativ großvolumige Proben verwenden kann, diese also nicht aufbereiten muss. Die Messung an getrockneten Proben wird allerdings durch Luftadsorption verfälscht (Hartge und Horn, 1992).

Luftpyknometer werden seit langem (NITZSCH, 1936) in der landwirtschaftlichen Bodenuntersuchung verwendet. Weit verbreitet und auch käuflich ist das Gerät nach LANGER. Es hat den Nachteil, dass es mit metallischem Quecksilber arbeitet. Deshalb suchte man an der LUFA Augustenberg nach Alternativen. Über die Erfahrungen mit einem selbst gebauten Luftpyknometer, das ohne Quecksilber auskommt, wird nachfolgend berichtet.

¹ eMail: berthold.deller@lufa.bwl.de

2. Bau und Messprinzip des Luftpyknometers

Das Gerät besteht aus einer Messkammer, die über volumenstabile Schläuche mit einem Drucksensor sowie mit einem Zylinder verbunden ist. In ihm bewegt sich ein luftdicht schließender Kolben. Nach Verschluss der Messkammer wird mit Hilfe eines Elektromotors der Kolben aus der Ausgangsstellung verschoben. Damit wird das Volumen der Messkammer vergrößert und ein Druckabfall erzeugt. Die Länge des jeweiligen Kolbenhubs wird an einer Schieblehre, der Luftdruck in Ausgangsstellung und nach Volumenänderung am Drucksensor abgelesen. Aus den Messwerten wird das Luftvolumen in der leeren bzw. mit einer Probe befüllten Messkammer mit Hilfe der allgemeinen Gasgleichung ($p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$) errechnet. Die Differenz ergibt das Volumen der nicht-gasförmigen Stoffe in der Probe.

3. Kalibrierung des Gerätes

Nach Feststellung des Kolbenhubraums (212,0 cm³ bei einem Hub von 6,8 cm) wurde die Genauigkeit und Richtigkeit der Bestimmung des Luftvolumens in der Messkammer ermittelt durch Einführung von a) Prüfkörpern mit einem Volumen von 20, 40, 60, 80, 100 cm³, b) trockenem und befeuchtetem Quarzsand, c) reinem Wasser. Wenn der Luftdruck jeweils um etwa 300 hPa abgesenkt wurde, die Volumenänderung also variabel war, konnte das Volumen der Prüfkörper in Mehrfachmessungen mit einer Standardabweichung vom Sollwert um 0,6 cm³, die Dichte von Quarzsand mit 2,62 ± 0,03 g/cm³ und die von dest. Wasser mit 1,02 ± 0,01 g/cm³ ermittelt werden.

4. Vergleichende Ermittlung des Porenanteils und der Feststoffdichte von Proben

4.1 Gestörte Proben

Von 17 gestörten Proben sehr unterschiedlicher Zusammensetzung wurden die Rohdichten nach dem Standardverfahren des VDLUFA für Gärtner. Erden und Substrate festgestellt (VDLUFA, 1991a), auf deren Basis 100 cm³ Material von gleicher Feuchte in die Messkammer gefüllt und das Volumen bzw. die Dichte der Feststoffe mit dem Luftpyknometer bestimmt. Zum Vergleich wurden dieselben Parameter aus den Massenanteilen an organischer Substanz (Glühverlust, VDLUFA, 1991b) auf der Basis der o.g. Schätzwerte für die Dichte der organischen und mineralischen Bestandteilen berechnet sowie in Flüssigkeitspyknometern (VDLUFA 2002) unter Verwendung von Ethanol als Suspensionsmittel bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 einander gegenübergestellt.

Tabelle 1: Ergebnisse der Vergleiche an gestörten Proben; RH = Rindenhumus; $R\rho_f$ = Rohdichte_{feucht}; w_{TM} = Trockenmasseanteil; $R\rho_t$ = Rohdichte_{trocken}; w_{GV} = Glühverlust; s_P = Porenanteil; ρ_F = Feststoffdichte

Pro-be Nr.	Probenart	$R\rho_f$ g/dm ³	w_{TM} %	$R\rho_t$ g/dm ³	w_{GV} %	Bestimmungsverfahren für s_P und ρ_F					
						Luftpyknometer		Flüssigkeitspyknometer		Rechnung mit Schätzwerten	
						s_P	ρ_F	s_P	ρ_F	s_P	ρ_F
						% (V/V)	g/cm ³	% (V/V)	g/cm ³	% (V/V)	g/cm ³
1	Floraton I	418	33,9	142	81,6	92,3	1,83	89,5	1,35	90,7	1,53
2	Torfkultursubstrat	318	39,6	126	93,8	93,3	1,89	90,8	1,37	91,3	1,44
3	Grabpflanzeerde	517	34,6	179	90,4	89,4	1,69	85,7	1,25	87,8	1,47
4	Moorbeerde	453	35,9	162	93,4	90,5	1,70	88,6	1,42	88,8	1,45
5	Tonsubstrat	506	41,2	208	69,1	89,7	2,03	83,7	1,28	87,3	1,64
6	RH-1 0-10 mm	669	37,6	252	93,3	86,2	1,82	83,9	1,56	82,6	1,45
7	RH 0-15 mm	619	31,8	197	82,9	88,9	1,77	90,1	2,00	87,1	1,52
8	RH-2 0-10 mm	638	40,3	257	84,1	83,1	1,52	82,5	1,47	83,0	1,51
9	Grünkompost	839	49,0	411	35,0	80,3	2,08	78,3	1,90	79,6	2,02
10		645	56,1	362	44,6	81,3	1,93	80,2	1,83	80,9	1,90
11	Dachsubstrat	1140	86,8	989	8,7	57,5	2,33	58,1	2,36	59,8	2,46
12	Kraftwerks-schlacke	1079	91,4	986	6,1	61,1	2,54	61,5	2,56	60,8	2,51
13		981	90,7	890	7,8	61,2	2,30	64,5	2,51	64,1	2,48
14		697	77,2	538	32,1	72,3	1,94	71,7	1,90	73,9	2,06
15		913	97,6	891	13,6	57,8	2,11	54,6	1,96	62,3	2,36
16		940	81,6	767	22,4	51,8	1,59	64,2	2,14	65,3	2,21
17		679	99,9	678	8,2	73,1	2,52	72,3	2,45	72,5	2,47

4.2 Ungestörte Bodenproben

4.2.1 Bestimmung des Anteils luftführender Poren bei einem Wassergehalt von pF = 2,5

- Aus einem Bodenprofil, einer Pseudogley-Parabraunerde aus Löss bzw. Lösslehm, wurden aus unterschiedlicher Tiefe insgesamt 24 Stechzylinderproben entnommen, mit Wasser gesättigt und bei pF 2,5 entwässert. Bei dem sich dabei einstellenden Wassergehalt wurde der Porenanteil mit dem Luftpyknometer ermittelt. Zum Vergleich diente der Rest-Porenanteil, berechnet aus dem Quotienten von Trockenrohddichte und Feststoffdichte, abzüglich Wassergehalt. Berechnung der Feststoffdichte aus dem Gehalt an organischer Substanz (C-Analysator nach DIN ISO 10694, 1996) in gestörten Proben aus den gleichen Bodenhorizonten; Ergebnisse in Tab. 2.

Tabelle 2: Vergleich des Anteils luftführender Poren von Stechzylinderproben bei pF = 2,5, ermittelt durch Luftpyknometrie bzw. durch Berechnung des gesamten Porenanteils und Berücksichtigung des Wassergehaltes; ρ_t = Rohdichte_{trocken}; w_{OS} = Massenanteil an organischer Substanz; ρ_F = Feststoffdichte; s_P = Porenanteil (gesamt); $s_{W, 2,5}$ = Wassergehalt, $s_{P, 2,5}$ = Anteil luftführender Poren, beide bei pF = 2,5

Probe Nr.	Entnahmetiefe	ρ_t	w_{OS}	ρ_F	s_P	$s_{W, 2,5}$	$s_{P, 2,5}$ berechnet	$s_{P, 2,5}$ gemessen
	cm	g/cm ³	%	g/cm ³	% (V/V)			
1	0-6	1,31	0,8	1,59	9,4	4,7	4,7	0,5
2	4-10	1,05	0,8		9,4	1,2	8,2	8,3
3	8-14	1,24	0,1	1,58	2,0	3,0	9,0	7,6
4	12-18	1,29	0,4	1,57	9,9	2,9	6,9	7,5
5	16-22	1,22	0,4		2,7	3,6	9,1	8,7
6	20-26	1,29	0,3		9,9	7,5	2,4	0,4
7	24-30	1,18	0,3		4,0	2,5	1,5	1,4
8	28-34	1,40	0,3		5,7	7,0	0,7	0,3
9	32-38	1,32	0,8	1,63	0,0	1,6	8,4	7,6
10	36-42	1,47	0,8		4,2	2,8	1,4	0,4
11	40-46	1,52	0,8		2,3	1,5	0,8	1,6
12	44-50	1,49	0,8		3,4	1,1	2,3	0,6
13	48-54	1,46	0,8		4,3	0,7	3,6	0,4
14	52-58	1,39	0,8	1,64	7,2	0,8	6,4	0,4
15	56-62	1,46	0,8		4,7	1,8	2,9	0,4
16	60-66	1,43	0,6	1,64	5,9	2,6	3,2	0,0
17	64-70	1,48	0,6		4,0	6,5	0,5	0,1

• 8	• 8-74	6 • ,51	• ,6		• 2,8	• 4,8	• ,0	• ,4
• 9	• 2-78	7 • ,43	• ,6		• 5,8	• 7,6	• ,3	• ,4
• 0	• 6-82	7 • ,53	• ,6		• 2,0	• 3,3	• ,7	• ,7
• 1	• 0-86	8 • ,48	• ,6		• 3,9	• 4,7	• ,2	• ,2
• 2	• 4-90	8 • ,46	• ,6		• 4,8	• 4,7	• 0,1	• ,2
• 3	• 8-94	8 • ,49	• ,6		• 3,3	• 5,5	• ,9	• ,2
• 4	• 2-98	9 • ,45	• ,6		• 5,1	• 6,4	• ,7	• ,0

4.2.2 Vergleich der Massenverluste durch Entwässerung mit der Zunahme des Luftvolumens

An einer Reihe von Stechzylinderproben wurde die Porengrößenverteilung ermittelt, u.a. der Porenanteil bei $pF = 1,8$ und $pF = 3,0$. Der Anteil der Poren, der zwischen diesen Saugspannungen entwässerte, wurde an 27 Proben auf zweierlei Art bestimmt, nämlich aus dem Massenverlust an Wasser zwischen $pF = 1,8$ und $pF = 3,0$ sowie aus der Bestimmung des Luftvolumens der gleichen Proben im Luftpyknometer bei $pF = 1,8$ und bei $pF = 3,0$. Die Ergebnisse, die von Herrn RAINER BOLDUAN, LUFA Augustenberg, freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden, sind in Tab. 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Massenverluste an Wasser bei Entwässerung von $pF = 1,8$ auf $pF = 3,0$ ($? w_W$) und Zunahme des Anteils luftführender Poren ($? s_P$) in den gleichen Stechzylinderproben

Probe Nr.	? w_W %	? s_P % (V/V)	Probe Nr.	? w_W %	? s_P % (V/V)	Probe Nr.	? w_W %	? s_P % (V/V)
1	3,8	2,1	10	3,3	4,3	19	4,8	3,4
2	4,1	1,2	11	4,7	2,6	20	6,3	6,4
3	3,9	2,4	12	3,9	4,1	21	3,6	1,0
4	5,8	5,1	13	4,7	3,3	22	3,3	0,1
5	2,7	2,4	14	9,6	9,2	23	4,1	3,5
6	4,4	2,7	15	6,7	6,3	24	4,5	3,1
7	6,6	5,6	16	3,5	3,1	25	4,2	2,3
8	3,8	1,4	17	9,6	8,7	26	11,9	11,8
9	6,5	6,8	18	4,3	2,9	27	4,8	3,5

5. Diskussion

Aus den Ergebnissen der Versuche mit Kalibrierkörpern, Quarzsand und Wasser war zu erwarten, dass das Volumen nicht-gasförmiger Stoffe, also der Summe von Feststoffen und Flüssigkeit, mit dem selbst gebauten Luftpyknometer und der oben beschriebenen Messprozedur auf etwa 1 cm^3 genau bestimmbar ist. Die an realen Bodenproben und sonstigen Materialien ermittelten Ergebnisse bestätigen dies vielfach.

Die Entwässerung von Stechzylinderproben im Überdruckverfahren von $pF = 1,8$ auf $pF = 2,5$ (Tab. 3) ergab Massenverluste an Wasser, die mit der durch zwei

unabhängige Messungen festgestellten Zunahme des Luftvolumens gut übereinstimmen. Die Abweichungen lagen in 13 von 27 Fällen bei weniger als 1 % (V/V), in 9 Fällen bei 1-2 %, in 4 Fällen bei 2-3 % und nur in einem Fall bei 3,2 %.

Auch der Porenanteil in den auf eine standardisierte Trockenrohdichte gebrachten 17 gestörten Proben mit einem Rohvolumen von jeweils 100 cm³ stimmte (Tab. 1) in 9 Fällen mit einer Abweichung von weniger als 2 % mit der Bestimmung im Flüssigkeitspyknometer überein, in 6 Fällen traten Abweichungen von 2 bis 4 cm³ auf und in 2 Fällen lagen diese bei mehr als 4 cm³. Das gleiche Bild ergibt sich, wenn man mit den aus Schätzwerten berechneten Porenanteilen vergleicht. Flüssigkeitspyknometrie und Schätzwerte stimmen dagegen etwas besser überein. Sie zeigen jedoch, dass auch die Vergleichsverfahren nicht fehlerfrei sind. Fehlerursachen ist besonders dort nachzugehen, wo sich das Ergebnis des geprüften und der Vergleichsverfahren sehr stark unterscheiden und/oder das erstere nicht, die beiden letzteren aber gut übereinstimmen. Dies ist z.B. bei Probe Nr. 16 der Fall. Hier liegt die Ursache der Abweichung vermutlich in der unterschiedlichen Probenaufbereitung. Für das Luftpyknometer brauchte wegen der Probengröße (Rohvolumen 100 cm³) eine Probenzerkleinerung nicht zu erfolgen, wohl aber für das Flüssigkeitspyknometer. Hier wurden gemahlene Proben verwendet. Dabei werden größere Partikel zertrümmert und ggf. darin enthaltene Lufteinschlüsse beseitigt. Probe Nr. 16 war eine verglaste Kraftwerksschlacke, in die augenscheinlich Luft eingeschlossen war. Ihr Volumenanteil wird bei der Luftpyknometrie der Festmasse zugerechnet, bei den Vergleichsverfahren jedoch nicht erfasst. Daraus erklärt sich, dass der Porenanteil bei der Messung mit dem Luftpyknometer um ca. 12 % bzw. 13 % niedriger ist als bei den Vergleichsverfahren, während letztere im Ergebnis nahezu übereinstimmen. Der niedrigere Porenanteil aus dem Luftpyknometer dürfte in diesem Fall physiologisch zutreffender sein, da eingeschlossene, also für einen Austausch mit der Atmosphäre nicht zugängliche Luft beim Porenanteil unberücksichtigt bleibt.

In den Stechzylinderproben aus der Wand eines Bodenprofils (Tab. 2) wurde bei pF = 2,5 der Anteil an luftführenden Poren mit 2,1 bis 28,3 % (V/V) bestimmt. Die Vergleichswerte stimmen damit gut überein, zumindest soweit die Proben aus dem oberen Teil des Bodenprofils (bis 40 cm Tiefe) betroffen sind. In Proben aus größerer Tiefe ist die Differenz zwischen berechnetem und gemessenem Porenanteil deutlich größer und durchweg positiv. Als Ursache kommt in Betracht, dass die Proben nach der Entnahme zunächst mit Wasser gesättigt wurden. Dabei fehlte die im natürlichen Bodenverband vorhandene Auflast. Deshalb konnten sich möglicherweise Poren unter dem Einfluss der Kapillarkräfte des Wasser aufweiten. Es erfolgte also eine Quellung des Bodens durch Erhöhung des Poren- und entsprechend auch des Rohvolumens der Probe. Diese Quellung blieb offensichtlich bei der nachfolgenden Entwässerung auf pF = 2,5 erhalten, obwohl der Wassergehalt bei der Probenentnahme am Bodenprofil damit nahezu identisch war.

Berechnet man aus dem rechnerisch ermittelten Gesamt-Porenanteil und dem Wassergehalt bei pF = 1,8 die Luftkapazität des Bodens, ergeben sich für die Bodenschichten unterhalb von 40 cm, die morphologisch als Sw- und Sd-Horizonte in Erscheinung traten, Werte zwischen 5,7 und 12,7 % (V/V), mit dem Luftpyknometer dagegen solche zwischen 0,5 und 8,4 %, häufig unter 2 %. In der Literatur wird die Luftkapazität von Sd-Horizonten mit <2 % und die von Bt-Horizonten aus stark tonigem Schluff mit 2-4 % angegeben (AG BODEN, 1996). Das Luftpyknometer liefert also am vorliegenden Standort realistischere Ergebnisse als die Berechnung unter Verwendung von Schätzwerten für die Dichte der organischen und mineralischen Bestandteile.

Um die o.g. Fehlermöglichkeiten erfassen und ggf. korrigieren zu können, sollte man möglichst bald nach der Entnahme die Masse der Stechzylinderproben und noch vor der Wassersättigung erstmalig den Anteil luftgefüllter Poren feststellen. Daraus lässt sich der Wassergehalt bei der Probenahme zurückverfolgen und feststellen, ob nachfolgend eine Änderung des Poren- und damit des Rohvolumens der Proben stattgefunden hat, das ggf. zu berücksichtigen ist.

6. Zusammenfassung

Es wird ein an der LUFA Augustenberg gebautes Luftpyknometer vorgestellt, mit dem das Luftvolumen in nicht gestörten Bodenproben und gestörten Proben anderer Materialien ermittelt wurde. Die Ergebnisse werden mit denen anderer Bestimmungsverfahren verglichen. Sie stimmen vielfach gut überein. In den Fällen, in denen größere Abweichungen auftraten, liegen die Ursachen zumindest teilweise an methodischen Fehlern der Vergleichsverfahren.

Die Genauigkeit und Verlässlichkeit des Luftpyknometers kann durch apparative Änderungen weiter verbessert werden.

7. Literatur

Die Literaturliste kann von den Autoren angefordert werden.

AG BODEN (1996): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl., berichtigter Nachdruck. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart

DIN ISO 10694 (1996): Bodenbeschaffenheit – Bestimmung von organischem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung (Elementaranalyse). Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

NITZSCH, W. von (1936): Der Porengehalt des Ackerbodens – Messverfahren und ihre Brauchbarkeit. Bodenkde. u. Pflanzenernähr. 1 (46), 101-115

VDLUFA (1991a): Bestimmung der Rohdichte (Volumengewicht) von gärtnerischen Erden und Substraten ohne sperrige Komponenten. Methode A 13.2.1 im VDLUFA-Methodenbuch, Band I; 4. Aufl., 1. Teillieferung; VDLUFA-Verlag, Bonn

VDLUFA (1991b): Bestimmung von Aschegehalt und organischer Substanz in Moorböden (Glührückstand und Glühverlust). Methode A 15.2 im VDLUFA-Methodenbuch, Band I; 4. Aufl., 1. Teillieferung; VDLUFA-Verlag, Bonn

VDLUFA (2002): Bestimmung der Feststoffdichte – Pyknometermethoden. Methode C 1.2.1 im VDLUFA-Methodenbuch, Band I; 4. Aufl., 3. Teillieferung auf CD-ROM in Vorbereitung; VDLUFA-Verlag, Bonn

Schadstoffe und Schadstoffflüsse im System Boden - Pflanze Zur Prognose des Cadmiumgehalts in Ernteprodukten

**Ralf Klose¹, Lothar Suntheim, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft ,
FB Landwirtschaftliche Untersuchungen**

1. Problemstellung

Neben der Sicherung der Ernährung gewinnt die mit einer landwirtschaftlichen Produktion verbundene Landschaftspflege zum Erhalt der Kulturlandschaft an Gewicht.

Die Landwirtschaft kann jedoch unter heutigen Bedingungen nur dann bestehen und diese Aufgaben erfüllen, wenn sie qualitativ hochwertige Produkte erzeugt und erfolgreich vermarktet. Sie muß die Einhaltung von Grenz- und Richtwerten, die den in Lebens- und Futtermitteln maximal erlaubten Schadstoffgehalt regeln, auch unter schwierigen Bedingungen gewährleisten können.

Legislative und Produzenten sind gleichermaßen verantwortlich, den Eintrag von Schadstoffen in die Nahrungskette gering zu halten, im Besonderen auf dem direkten Pfad landwirtschaftliches Produkt - Nahrungsmittel. Die zur Beurteilung einer Kontamination von Nahrungsmitteln mit Schwermetallen heranzuziehenden Richtwerte der Zentralen Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien (ZEBS) haben bislang nur Richtwertcharakter, eine rechtliche Möglichkeit, kontaminiertes Erntegut aus der weiteren Verarbeitung auszuschließen, lässt sich davon nicht direkt ableiten. Es kann nur empfohlen werden, daß bei Überschreitung des zweifachen ZEBS-Wertes die Verwendung als Nahrungsmittel unterbleibt.

Nach Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) können jedoch bei schädlichen Bodenveränderungen Anpassungen der Nutzung und Bewirtschaftung von Böden angeordnet werden. Schädliche Bodenveränderungen sind z.B. erhöhte Schadstoffgehalte in Nahrungs- oder Futtermitteln. Maßnahmen zur Nutzungsanpassung geschädigter Böden sind mit Bedacht zu wählen, da sie auch einen ökonomischen Nachteil für den Landwirt bedeuten. Besonders in Gebieten mit einem mittleren Schwermetallbodgehalt könnte jedoch auf der Grundlage einer Schwermetallprognose der Ernteprodukte die Kultur- und Sortenwahl den örtlichen Bedingungen so angepasst werden, daß ein maximaler Ertrag bei gleichzeitiger Einhaltung der gegebenen Grenzwerte erreicht wird und ökonomische Nachteile bzw. Einschränkungen auf ein Minimum begrenzt werden.

Im Rahmen der Untersuchungen sollte festgestellt werden,

- ob und wie treffsicher die Einhaltung des zweifachen ZEBS-Wertes für den Cadmiumgehalt im Winterweizenkorn prognostiziert werden kann
- welche Parameter vor dem Erntezeitpunkt dafür zu ermitteln sind
- welche anderen Möglichkeiten bestehen, den Cadmиеintrag in die Nahrungskette zu kontrollieren und
- die Praktikabilität dieser Ergebnisse.
-

2. Material und Methoden

2.1 Boden- und Pflanzenprobenahme auf Praxisschlägen

¹ eMail: ralf.klose@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

Für die Untersuchungen standen in den Jahren 1997-99 insgesamt 43 Teilflächen auf Praxisschlägen zur Verfügung (Tabelle 1). Die Bewirtschaftung der Flächen erfolgte durch Landwirtschaftsbetriebe. Bei der Auswahl der Standorte wurde eine möglichst große Variabilität der Böden im Cd-Gehalt angestrebt. Boden- und Pflanzenproben wurden jeweils als Mischproben aus ca. 25m² großen Teilstücken den Praxisflächen entnommen.

➤ Tabelle 1: Untersuchungsböden

Natürliche Standorteinheit	Anzahl	Cd _{kw} -Gehalt (mg/kg Boden)	pH-Wert
Lö	7	0,44 – 1,45	5,2 – 6,3
V	18	0,37 – 4,99	4,5 – 6,8
Al	18	0,40 – 4,80	4,8 – 6,8

Pflanzenproben wurden auf den Teilflächen zu 3 markanten Terminen der Ontogenese entnommen (Tabelle 2). Pro Teilfläche und Termin wurden 3 parallele Proben entnommen.

Tabelle 2: Pflanzenprobenahme

Entwicklungsstadium	Entwicklungsstadium nach BBCH -Skala	Entnommener Pflanzenteil	Aufarbeitung
Ährenschieben	51-59	Ähre	Waschen, Ähre mahlen
Blüte	61-69	Ähre	Waschen, Ähre mahlen
Ernte (Totreife)	92	Ähre	Waschen, Dreschen, Korn mahlen

Für die Beantwortung der Frage nach der Sortenabhängigkeit der Cadmiumaufnahme von Winterweizen wurde während der Vegetationsperiode 2001 ein Gefäßversuch (Tab. 3 und 4) durchgeführt.

Tab.3: Sortenversuch 2001: Saatgut

Sorte
Batis
Contur
Bandit
Tilburi
Flair
Victo
Ritmo
Windsor

Tab. 4: Sortenversuch 2001: V-Standort (Boden Freiberg)

Merkmal	Wert
Cd-Boden (Königswasser)	5,1 mg/kg
Cd-Boden (NH ₄ NO ₃)	0,05 mg/kg
pH-Boden (CaCl ₂) vor Versuchsbeginn	6,2
pH-Boden (CaCl ₂) nach Versuchsabschluß	6,1

2.2 Analytik

2.2.1 Bestimmung der Cd-Gehalte in Bodenextrakten

Die Herstellung des Königswasserextraktes erfolgte nach DIN 38414 S7.

Der mobile Cd-Anteil im Boden wurde mittels Ammoniumnitrat nach DIN 19730 extrahiert.

Die Cd-Gehalte in den Extrakten wurden mit der Graphitrohr-AAS 4100ZL nach DIN EN ISO 5961 bzw. einem ICP-MS ELAN 6000 (beide Fa. Perkin Elmer) nach DIN 38406-E29 bestimmt. Die Ergebnisse sind auf luftgetrockneten Boden bezogen.

2.2.2 Bestimmung der Cd-Gehalte in Pflanzenmaterial

Alle Pflanzenproben wurden gewaschen, getrocknet und mittels Planetenmühle in Achatbechern gemahlen.

Der Aufschluß erfolgte in einer geschlossenen Mikrowellenapparatur Mega 1200 der Fa. MLS mit einem Gemisch aus Salpetersäure und Wasserstoffperoxid (VDLUFA-Methodenbuch VII, 2.1.1).

Die Elementbestimmung wurde an einem Graphitrohr-AAS 4100ZL nach DIN EN ISO 5961 bzw. einem ICP-MS ELAN 6000 (beide Fa. Perkin Elmer) nach DIN 38406-E29 durchgeführt. Die Ergebnisse beziehen sich auf Trockenmasse (105°C). Die Cd-Gehalte der Ähren bzw. des Korns sind Mittelwerte aus 3 Parallelproben, der Cd-Gehalt des Kresseaufwuchses der Mittelwert aus 8 Wiederholungen.

Nach Erstellen eines Zusammenhangs zwischen den Ausgangsgrößen und dem Cadmiumgehalt im Erntekorn durch lineare einfache oder multiple Regression wird überprüft, wie die Prognosequalität im Bezug zum zweifachen ZEBS-Wert ist und, im Falle einer einfachen linearen Beziehung, ein Grenzwert berechnet (Abb.1).

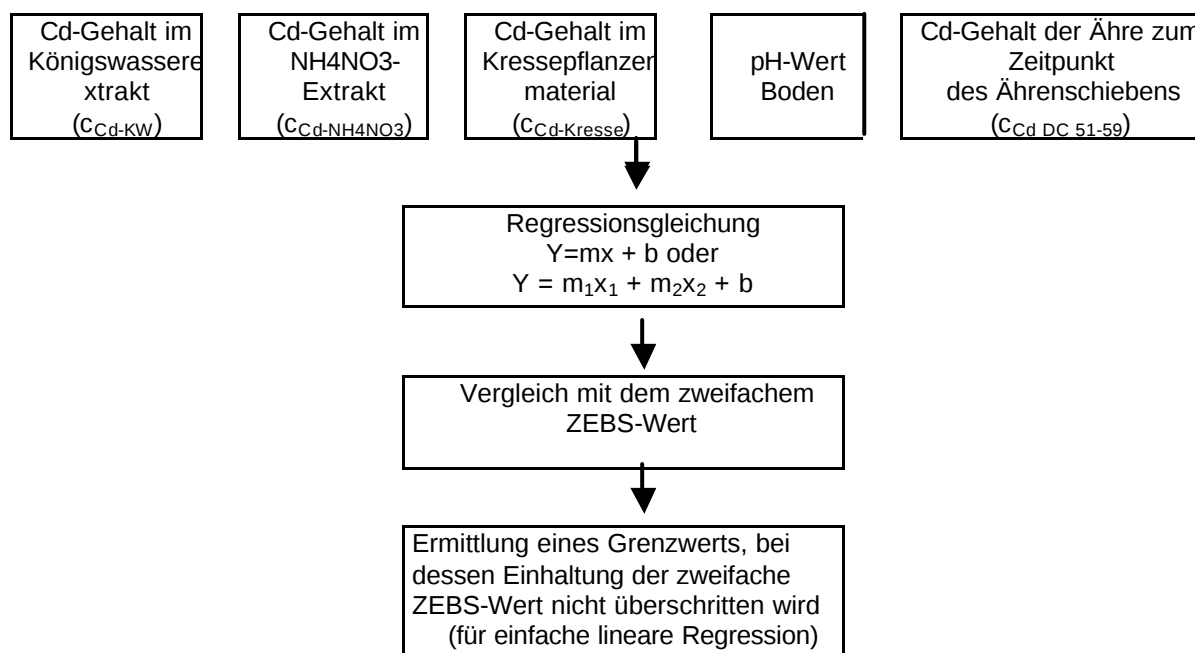


Abb. 1: Blockschema Vorgehensweise

3. Ergebnisse

3.1 Cd-Prognose

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der statistischen Auswertung des Datenmaterials unter Einbeziehung verschiedener unabhängiger Messgrößen. Mit 39 bis 51 Wertepaaren ist die Datenbasis für eine Auswertung ausreichend groß.

Tabelle 5: Regressionsgleichungen und Bestimmtheitsmaße für Winterweizen

Nr.	Parameter	n	Gleichung
1	$C_{Cd-DC51-59}$	42	$Y = 1,843x + 0,091$; $B = 0,22$
2	$C_{Cd-DC61-69}$	42	$Y = 1,304x + 0,086$; $B = 0,40$
3	C_{Cd-KW}	51	$Y = 0,091x + 0,116$; $B = 0,21$
4	$1 = C_{Cd-KW}$; $2 = pH_{Boden}$	51	$Y = 0,090x_1 - 0,126x_2 + 0,876$; $B = 0,31$
5	$1 = C_{Cd-KW}$; $2 = C_{Cd-DC51}$	40	$Y = 0,063x_1 + 1,253x_2 + 0,028$; $B = 0,67$
6	$C_{Cd-Kresse}$	40	$Y = 0,075x + 0,008$; $B = 0,72$
7	$C_{Cd-Ammono.}$	50	$Y = 0,0003x + 0,208$; $B = 0,09$
8	$1 = C_{Cd-Ammono}$ $2 = C_{Cd-DC51}$	39	$Y = 0,0002x_1 + 2,389x_2 + 0,05$; $B = 0,46$

Der Cd-Gehalt der Ähre während der frühen Vegetationszeitpunkte Ährenschieben und Blüte (Gl. 1 und 2) weist nur eine schwache Beziehung zum späteren Cd-Gehalt im Korn auf ($B = 0,22$ bzw. $0,40$).

Auch zwischen dem Cd-Gehalt im Königswasserextrakt und dem Gehalt im Korn besteht nur ein schlechter Zusammenhang (Gl. 3). Die Einbeziehung des pH-Wertes verbessert das Ergebnis der Regression nicht wesentlich (Gl. 4). Eine spürbare Verbesserung wird durch Berücksichtigung des Cd-Gehalts der Ähre während des Ährenschiebens und des Cd-Gehalts im Königswasserextrakt erreicht (Gl. 5). Regressionen unter Einbeziehung der Kresse-Methode weisen Bestimmtheitsmaße über $0,70$ auf (Gl. 6). Die Berücksichtigung des pH-Wertes des Bodens verbessert die Qualität der Beziehungen nicht. Berechnungen, die unter Berücksichtigung des Cd-Gehalts im Ammoniumnitratextrakt gemacht werden, schneiden deutlich schlechter ab (Gl. 7 und 8).

Als belastbar für die Prognose des Cd-Gehalts im Erntekorn erweisen sich besonders Berechnungen auf der Grundlage des Cd-Gehalts im Kresseaufwuchs (Gl. 6, Abb. 2). Die Einhaltung des doppelten ZEBS-Wertes nach Gleichung 5 ergibt sich bei einem Cd-Gehalt des Kresseaufwuchses von $2,83 \text{ mg/kg TM}$. Die Eignung einer Methode zur Cd-Prognose muß auch unter praktischen Gesichtspunkten bewertet werden. Die besten Ergebnisse werden zwar mit der Kresse-Methode erzielt, ihre Anwendung setzt jedoch die Durchführung entsprechender Aufwuchsversuche unter definierten Bedingungen voraus.

Praktikabel erscheint aber auch die Prognose auf der Grundlage des Cd-Gehalts im Königswasserextrakt und dem Cd-Gehalt der Ähre während der Ontogenese (z.B. Ährenschieben), (Gl. 5, Abb. 3). Die Extraktion mit Königswasser ist als Routinemethode sicher und kostengünstig durchführbar. Auch die Ährenentnahme sollte, durchgeführt mit landwirtschaftlichem Sachverstand, unproblematisch sein.

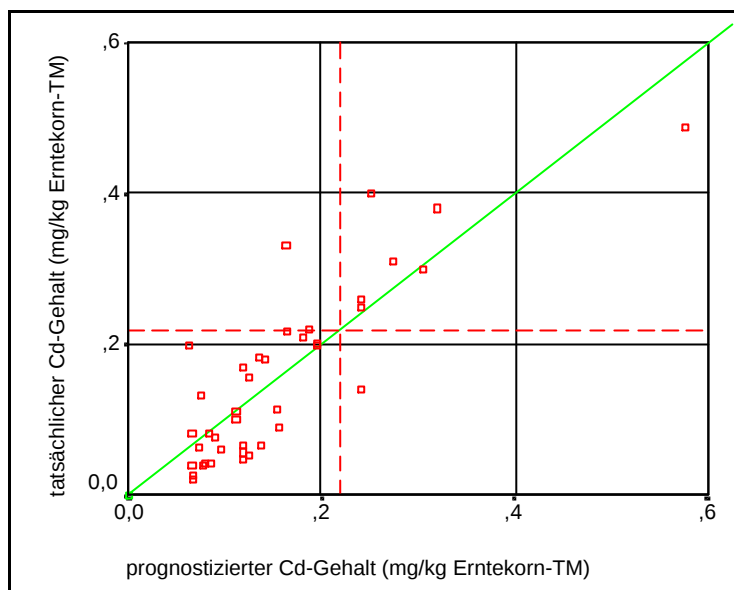


Abb.2: Prognose des Cd-Gehalts im Erntekorn, Gleichung 6

Legende:

$$Y = 0,075x_1 + 0,008; B = 0,81; x_1 = C_{Cd-Kresse}$$

II.Quadrant = nicht bestätigte Überschreitungen des doppelten ZEBS-Wertes (= 1)

IV.Quadrant = nicht erkannte Überschreitungen des doppelten ZEBS-Wertes (=1)

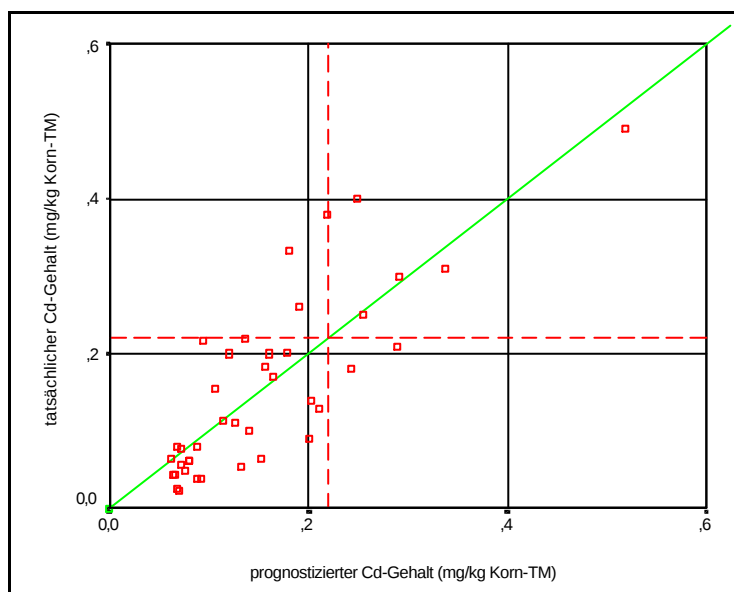


Abb.3: Prognose des Cd-Gehalts im Erntekorn; Gleichung 5

Legende:

$$Y = 0,063x_1 + 1,253x_2 + 0,028; B = 0,67; x_1 = C_{Cd-KW}; x_2 = C_{Cd-DC51-59}$$

2.Quadrant = nicht bestätigte Überschreitungen des doppelten ZEBS-Wertes (= 2)

4.Quadrant = nicht erkannte Überschreitungen des doppelten ZEBS-Wertes (= 3)

Die Richtigkeit der an Hand unterschiedlicher Prognoseansätze getroffenen Einschätzung des Cd-Gehalts im Erntekorn ist unterschiedlich gut (Abb.4). Auf der Grundlage der Kresse-Methode werden bei einer Zahl von 40 Wertepaaren 95% richtige Prognosen hinsichtlich der Lage zum doppelten ZEBS-Wert getroffen (Wert wird eingehalten bzw. überschritten). Die Prognose auf der Grundlage des Gehalts im

Königswasserextrakt und in der Ähre während des Ährenschiebens erzielt eine Treffgenauigkeit von 88%.

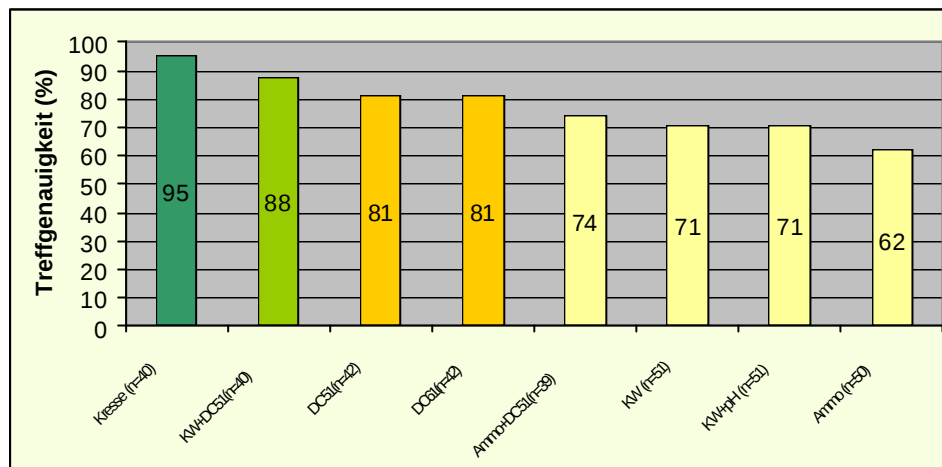


Abb.4: Richtigkeit unterschiedlicher Prognoseansätze

3.2 Sortenabhängige Cd-Aufnahme

Die sortenabhängige Cadmiumaufnahme von Winterweizen wurde in einem Gefäßversuch untersucht. Die mittleren Cd-Gehalte im Erntekorn reichen von 0,148 mg/kg TM bis 0,459 mg/kg TM (Tab. 6). Der Test auf Varianzhomogenität (Levene-Test) erbrachte kein signifikantes Ergebnis, die Proben sind hinsichtlich der Varianz homogen. Die Sorten Bandit und Windsor bzw. Victo und Tilburi bilden jeweils eine homogene Untergruppe und unterscheiden sich bei einem Signifikanzniveau von 0,05 im Cd-Gehalt statistisch nicht voneinander. Beide Untergruppen und die übrigen Sorten sind bei der angegebenen Grenzdifferenz voneinander unterschieden.

Tabelle. 6: Mittelwerte für in homogenen Untergruppen befindliche Sorten (mg Cd/kg TM)

Sorte	N	Untergruppen (Irrtumswahrscheinlichkeit = 0,05), (Tukey)					
		1	2	3	4	5	6
Batis	4	0,148	0,212	0,266	0,315 0,328	0,376	0,458 0,459
Flair	4						
Contur	4						
Windsor	4						
Bandit	4	0,148	0,212	0,266	0,315 0,328	0,376	0,458 0,459
Ritmo	4						
Tilburi	4						
Victo	4						

Die Sortenabhängigkeit der Cadmiumaufnahme bei Winterweizen wird mit dem Gewächshausversuch sicher nachgewiesen. Bezogen auf die Variante mit dem geringsten Cadmiumgehalt (Sorte Batis) wird in den am stärksten belasteten Sorten Tilburi und Victo etwa das Dreifache an Cadmium akkumuliert. Die Unterschiede sind statistisch gesichert. In belasteten Gebieten Sachsens sollte bei der Anbauplanung auf das unterschiedliche Cadmiumaufnahmevermögen der Winterweizensorten geachtet werden, um auch unter ungünstigen Bedingungen unbelastete Produkte zu erzeugen. Die dazu notwendigen Informationen sind durch Sortenversuche zu erarbeiten. Es ist noch nicht gesichert, ob die ermittelte Reihenfolge zunehmender Cd-Aufnahme der Sorten auch auf anderen Bodensubstraten besteht. Bei von KLOKE und METZ (1999) angestellten Sortenversuchen auf einem Boden in

Nordrhein-Westfalen mit einem Gesamtgehalt an Cadmium von 0,41 mg/kg und einem pH-Wert von 6,1 wurde allerdings ebenfalls „Batis“ als Sorte mit der geringsten Cd-Aufnahme ermittelt, die im Versuch höchsten Aufnahmeraten wiesen „Victo“ und „Tilburi“ auf.

4. Zusammenfassung

Mit den angewandten chemischen Extraktionsmethoden, dem Einsatz von schnellwachsenden Versuchspflanzen mit beträchtlichem Cd-Aneignungsvermögen und den Beprobungen zu markanten Punkten der pflanzlichen Ontogenese ist der Cd-Gehalt im Erntekorn von Winterweizen auf Praxisschlägen mit unterschiedlicher Treffgenauigkeit prognostizierbar.

- Einfache lineare Regressionen auf der Grundlage des Cadmiumgehaltes im Königswasser- oder Ammoniumnitratextrakt des Bodens sowie des Gehaltes der Ähre zu frühen Vegetationsstadien weisen nicht die geforderte Vorhersagegenauigkeit des Cd-Gehalts in Winterweizen-Erntekorn auf.
- Kresse als schnellwachsende Pflanze mit hohem Aneignungsvermögen für Cadmium beschreibt das Cd-Aufnahmevermögen von Winterweizen am besten.
- Sollen Schwermetalluntersuchungen im Boden auf der Basis des Königswasserextrakts zur Prognose des Cd-Gehalts von Erntekorn genutzt werden, ist zusätzlich der Cd-Gehalt der Ähre während des Ährenschiebens einzubeziehen.

Anhand der Regressionsgleichungen werden Grenzkonzentrationen der unabhängigen Parameter berechnet, die eine Einhaltung des doppelten ZEBS-Wertes sehr wahrscheinlich machen.

Die Sortenabhängigkeit der Cd-Aufnahme von Winterweizen auf dem geprüften Verwitterungsboden ist beträchtlich. Das Erntekorn der Sorten „Victo“ und „Tilburi“ enthält etwa das Dreifache der Sorte „Batis“. Auf Cd-belasteten Standorten ist deshalb bei Winterweizen der Sortenwahl besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Wirkungen von Komposten auf physikalische und biologische Bodeneigenschaften

Bolduan, Rainer und Kluge, Rainer (Karlsruhe)¹

1 Einführung

Biokomposte haben in der deutschen Landwirtschaft mittlerweile einen gewissen Stellenwert. Etwa ein Drittel der produzierten Komposte von jährlich 3 Mio. t werden im Pflanzenbau verwertet. Bedarf besteht noch, die Nutzwirkungen und auch die möglichen Risiken der Kompostanwendung genauer zu beurteilen. Dazu läuft seit drei Jahren ein Verbund-Forschungsprojekt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. Ziel des Projektes ist es, die Bedingungen für einen nachhaltigen Komposteinsatz in der Landwirtschaft konkret herauszuarbeiten, den möglichen wirtschaftlichen Nutzen umfassend zu berechnen und ein Marketingkonzept für die wirtschaftlichen Beziehungen von Komposthersteller und Landwirt zu gestalten. Die Partner des Verbund-Forschungsprojektes² können dazu auf eine solide Basis von sechs mehrjährigen Kompost-Feldversuchen zurückgreifen, die im Bundesland Baden-Württemberg durchgeführt werden. Ein wichtiges Anliegen dieser Versuche ist es auch, die bodenverbessernden Wirkungen von Komposten konkret zu erfassen.

2 Material und Methoden

Die sechs Feldversuche werden in Praxisbetrieben auf typischen Ackerstandorten durchgeführt. Für die Versuchsstandorte wurden Bodenarten ausgewählt, die eine Kompostwirkung erwarten lassen: ein Versuch läuft auf einem leichten Boden (lehmiger Sand) mit Humusbedarf, fünf Versuche auf mittleren Böden (schluffige Lehme) mit nicht optimalen Bodenbedingungen (z.B. Probleme mit der Bodenstruktur und dem Wasserhaushalt). Vier Versuche stehen schon im 8. Jahr, zwei Versuche im 5. Jahr. Jeder Versuch wird vor Ort durch ein sogenanntes „Tandem-Team“, bestehend aus einem Kompostbetrieb, der den Kompost bereitstellt, und einem Landwirt, auf dessen Acker der Versuch läuft, betreut.

Alle Versuche laufen nach einem einheitlichen Versuchsplan und mit einheitlicher Fruchtfolge (Mais/ Winter-Weizen/ Winter-Gerste). Damit wird eine gute Vergleichbarkeit der verschiedenen Komposte und Standorte gewährleistet - ein wesentlicher Gesichtspunkt für die Übertragbarkeit der Projektergebnisse auf Praxisverhältnisse. Die jährlichen Kompostgaben werden in vier Stufen gestaffelt (K0 - ohne Kompost, K1, K2 und K3 - jeweils 5, 10 und 20 t/ha Trockenmasse -TM). Um Praxisverhältnisse zu simulieren, werden über jede Kompoststufe drei mineralische Stickstoff(N)-Düngungsstufen gelegt: N0 - ohne N, N1 und N2 - jeweils 50 und 100 % des Optimums.

Folgende bodenphysikalische Parameter, die die Veränderung des Bodens durch Kompostgaben charakterisieren können, werden regelmäßig untersucht:

Bodenstruktur: Aggregatstabilität, Porenverteilung und Lagerungsdichte

¹ Dipl.Geoökol. Rainer Bolduan und Dr. Rainer Kluge, Staatliche Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Augustenberg, Nesslerstraße 23, 76227 Karlsruhe; eMail: rainer.bolduan@lufa.bwl.de

² Förderprojekt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt „Kompostverwertung in der Landwirtschaft“ (Az. 08931). Gütegemeinschaft Kompost Region Süd e.V. (Bewilligungsempfänger) und Projektpartner LUFA Augustenberg, Karlsruhe, Institut für Agrarpolitik der Universität Hohenheim, Stuttgart, und Fachhochschule Nürtingen, Fachbereich Betriebswirtschaft Geislingen

Wasserhaushalt: Wassergehalt, Wasserkapazität und Wasserinfiltration (Porenvolumen)

Zusätzlich werden Veränderungen der Bodenmikrobiologie mit Hilfe folgender Parameter beobachtet: mikrobielle Biomasse und Bodenatmung (CO₂-Aktivität), Dehydrogenaseaktivität, N-Mineralisierung.

3 Ergebnisse

Die mehrjährigen Versuche zeigen, dass sich „bodenverbessernde“ Wirkungen der Kompostgaben nur ganz allmählich entwickeln. Im Unterschied zur Düngewirkung der Komposte, die bei Phosphor, Kalium und Kalk schon nach wenigen Jahren festzustellen ist, verändern Kompostgaben bodenphysikalische und -mikrobiologische Parameter nur mittel- und langfristig. Deshalb können nachfolgend, bedingt durch die bisherige Versuchsdauer der Feldversuche von 4 - 7 Jahren, nur Trends mitgeteilt werden, mit denen bei Einhaltung pflanzenbaulich optimaler Kompostgaben von jährlich maximal 10 t/ha Trockenmasse mit mehr oder weniger großer Wahrscheinlichkeit gerechnet werden kann.

Bodenphysik

Parameter der Bodenstruktur werden durch regelmäßige Kompostgaben bereits mittelfristig und auch spürbar positiv beeinflusst. So nahm die Aggregatstabilität der Bodenkrümel in den Versuchen vor allem auf mittleren Böden mit höherem Tongehalt überwiegend zu, was die Widerstandsfähigkeit gegenüber Wassereinfluss (Verschlammung) reduziert (s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Dadurch werden die Böden elastischer und besser befahrbar. Die Aggregate des leichten Bodens Forchheim weisen um Größenordnungen stabilere Aggregate als die der anderen Standorte auf und zeigen sich von der Kompostgabe unbeeinflusst.

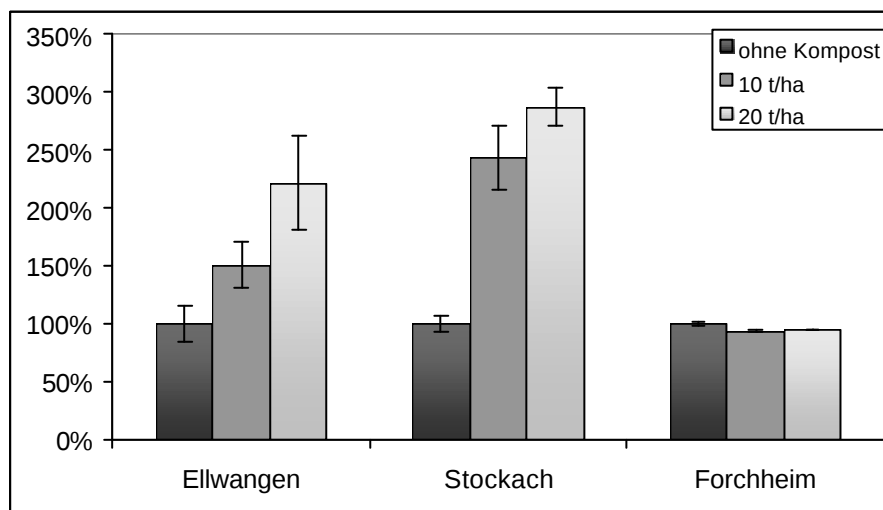


Abb. 1: Relative Änderung der Aggregatstabilität 2000

Die Lagerungsdichte des Bodens geht durch die Zufuhr von organischer Substanz in der Regel zurück (s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), zum einen aufgrund der geringen Erhöhung des Gehaltes an organischen Substanz und zum anderen aufgrund der Erhöhung des Porenvolumens. Damit sind eine bessere Drainage sowie bessere Durchlüftung und Wärmeleitfähigkeit verbunden.

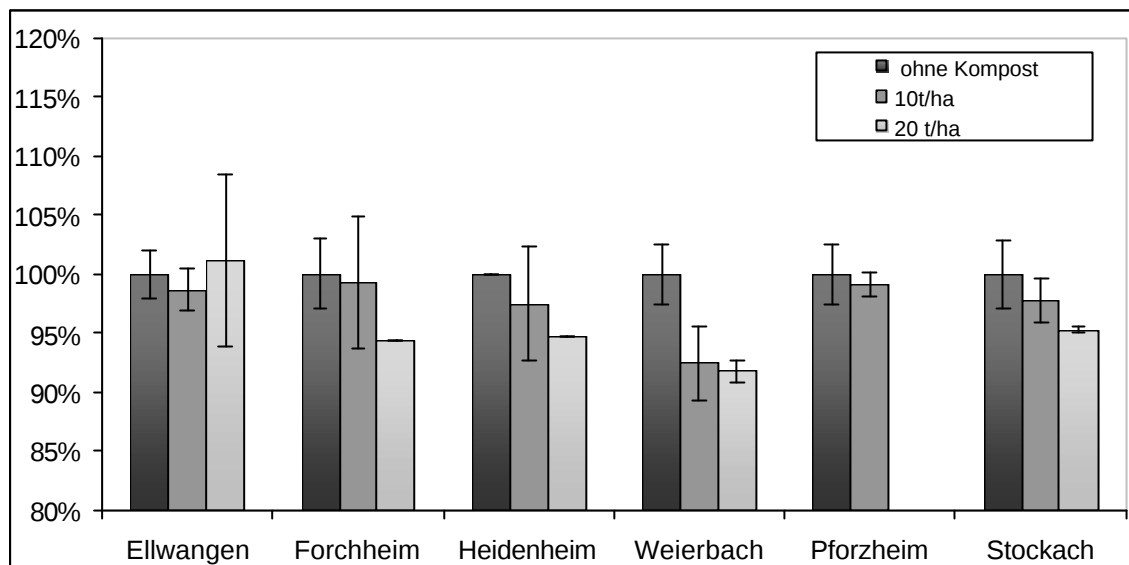


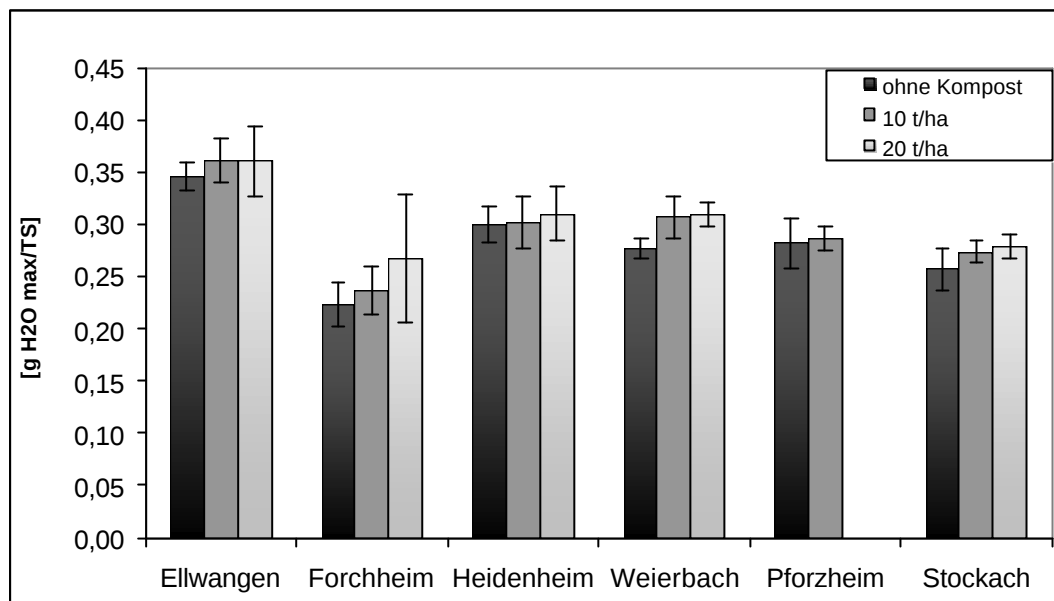
Abb. 2: Relative Änderung der Lagerungsdichte Herbst 2001

Bemerkenswert sind die positiven Effekte von Komposten auf den Wasserhaushalt der Böden (s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die Wasserkapazität wurde in einigen Fällen nachhaltig gefördert, auch hier als Folge der Erhöhung des Porenvolumens (vgl. TIMMERMANN et al. 1999).

Bei gleichzeitig erhöhter nutzbarer Feldkapazität trägt die verbesserte Wasserbindung dazu bei, dass Ertragsausfälle der Pflanzenbestände bei Trockenheit verhindert bzw. gemindert werden, vor allem auf leichten, sandigen Böden (Forchheim). Als Folge der erhöhten Wasserkapazität verfügen die kompostbehandelten Böden in der Regel auch über aktuell höhere Bodenwassergehalte im Vegetationsverlauf (s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), was sich meist positiv auf die Wasserversorgung der Pflanze auswirkt. Die Tatsache, dass die Kompostgaben u.U. die potentiell pflanzenverfügbare Porenwassermenge bei verschiedenen Bodensaugspannungen (die nutzbare Feldkapazität) erhöhen können, ist ein weiteres Indiz für eine im Feld tatsächliche vorhandene erhöhte Wasserverfügbarkeit bei unterschiedlichen Vegetationsbedingungen (s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Eine Anhebung der nutzbaren Feldkapazität konnten auch Hartmann und Venske (1999) für frisch- und fertigkompostgedüngte Standorte nachweisen.

Abb. 3: Einfluss der Kompostgabe auf die Wasserkapazität Herbst 2001



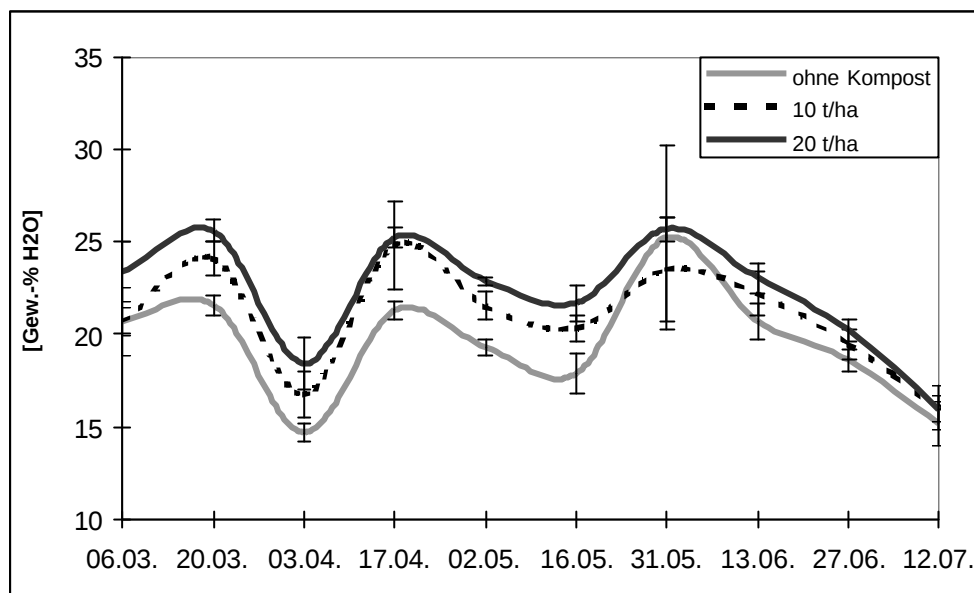


Abb. 4: Bodenfeuchte im Vegetationsverlauf Krume Stockach 2002

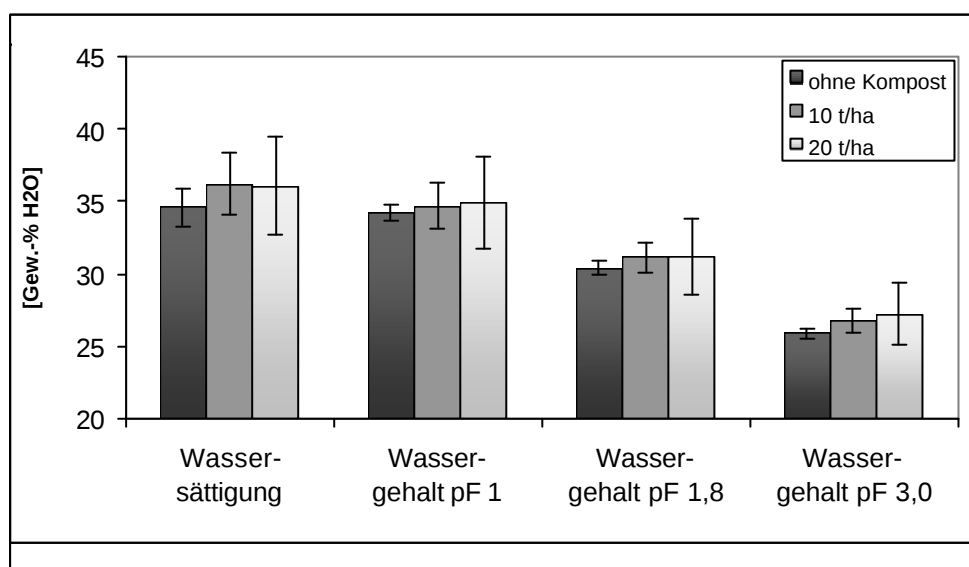


Abb. 5: Porenwasseranteil in Abhängigkeit von Kompostgabe und Bodensaugspannung Ellwangen Herbst 2001

Auch die Wasserinfiltration des Bodens kann durch Kompost verbessert werden. Dieser Effekt, der überwiegend auf mittleren und tonigen Böden eine Rolle spielt, bewirkt eine bessere vertikale Wasserdurchleitung im Boden. Vor allem nach starken Niederschlägen trocknet der Boden dadurch schneller ab. Das kann sich günstig auf die Befahrbarkeit von Ackerflächen auswirken. (

Als Folge aller bodenverbessernden Wirkungen wird die Erosion und der Oberflächenabfluss vermindert; wichtig vor allem auf gefährdeten Böden (z.B. Schlufflehme) in Hanglagen.

Bodenbiologie

Kompostgaben haben einen fördernden Effekt auf das Bodenleben. Ein Anstieg mikrobiell leicht verwertbaren Kohlenstoffs in den Böden (Denitrifikationspotential) ist

als Folge der Gabe organischer Substanz bei der Kompostdüngung nachweisbar. Daraus resultiert eine Zunahme der mikrobiellen Biomasse und eine signifikante Erhöhung der biologischen Aktivitäten (CO₂-Aktivität) des Bodens (vgl. TIMMERMAN et al. 1999; s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

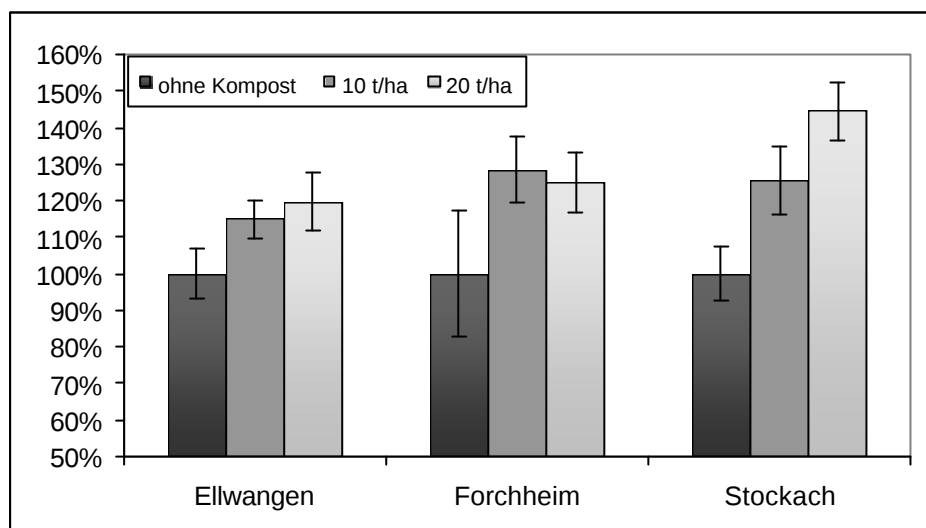
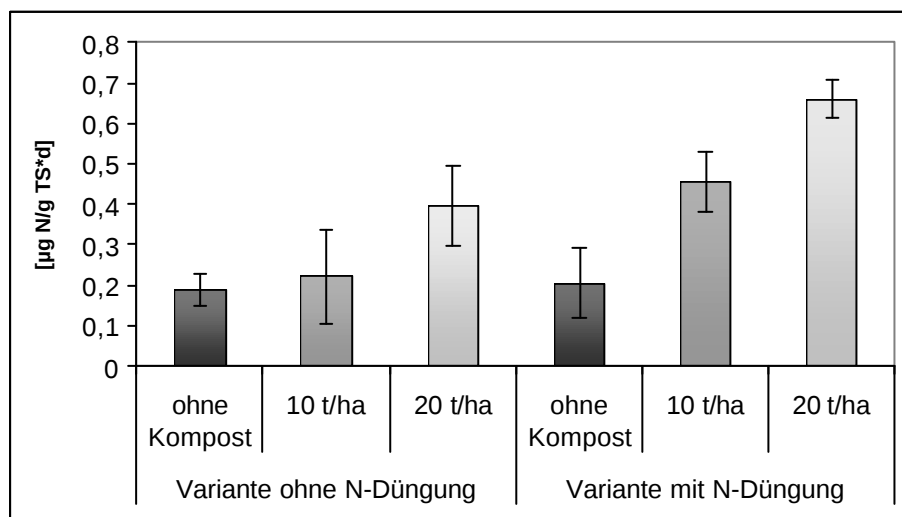


Abb. 6: Relative Änderung der mikrobiellen Biomassen Herbst 2001

Die mikrobiellen Stoffwechselleistungen (Dehydrogenaseaktivität) und damit auch die Mineralisation können deutlich ansteigen, was am Beispiel der N-Mineralisierungsrate für einige Standorte in Bebrütungs-Versuchen gezeigt werden konnte. Bei Zugabe von pflanzenbaulich optimalen N-Mengen zeigte sich auf dem leichteren Boden Forchheim 4 Monate nach Kompostaufbringung eine erhöhte N-Mineralisation (und vermutlich ein verstärkter Abbau der org. Substanz insgesamt) im Vergleich zu den Böden ohne zusätzliche mineralische N-Düngung (s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Abb. 7: N-Mineralisierungsrate (0-14 Tage) in Abhängigkeit von Kompostgabe und N-



Zusatz Forchheim 2001

Die Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen wird verbessert. Daneben sind zahlreiche weitere „bodenverbessernde“ Wirkungen zu erwarten. Neben einer Förderung der mikrobiell getragenen Bodenfunktionen (Transformator für Nähr- und Schadstoffe, Nährstoff-Zwischenspeicher etc.), sind weiter indirekte Effekte, wie z. B. Verbesserung der Bodenhygiene und Förderung der Bodenfauna, denkbar.

4 Vorläufiges Fazit

Nach den Ergebnissen der bisherigen Versuchsphase verdichtet sich der Eindruck, dass die Bedeutung der Kompostanwendung neben den Düngeeffekten vorrangig in der Summe der möglichen „bodenverbessernden“ Wirkungen liegt (vgl. ANONYM 2002). Vor allem auf mittleren bis schweren Böden mit unzureichender Struktur, Bodenverdichtungen, schlechter Durchlüftung und ungenügender Bodenaktivität können durch regelmäßige Kompostanwendung deutliche Verbesserungen erzielt werden, die sich positiv auf den Ertrag und die Ertragsstabilität auswirken. Aber auch bei leichten Böden zeigen sich mittelfristig positive Effekte bezüglich der Wasserspeicherung. Die erwünschten Wirkungen werden meist mit einer mittleren Kompostgabe erreicht. Im günstigen Fall kann dadurch die Leistungsfähigkeit des Standortes sogar soweit angehoben werden, dass ein höheres Ertragsniveau erreicht wird. Außer Frage steht, dass solche Wirkungen auch durch andere pflanzenbauliche Maßnahmen, wie regelmäßige Gründüngung, Strohdüngung und Anwendung von Wirtschaftsdüngern, erreicht werden können. Kompost ist deshalb vor allem für reine Marktfruchtbetriebe ohne Viehbesatz das Mittel der Wahl, in denen der Boden häufig nicht ausreichend mit organischer Substanz versorgt wird.

Literatur

- ANONYM (2002): DBU-Verbundforschungsprojekt "Kompostverwertung in der Landwirtschaft". Zwischenbericht März 2002. Hrsg. LUFA Augustenberg. 38 S., 19 Abb., 4 Tab.
- TIMMERMANN, F., KLUGE, R., STAHR, K. und ZAUNER, G.: Erarbeitung von Grundlagen für Anwendungsrichtlinien zur Verwertung geeigneter Rest- und Abfallstoffe im landwirtschaftlichen Pflanzenbau (Ackerbau). PWAB-Forschungsvorhaben PW 95 171 des Bundeslandes Baden-Württemberg, Abschlußbericht 1999, 276 Seiten, 54 Abbildungen, 70 Tabellen und Anhang.
- HARTMANN, R.; VENSKE, J.F.: Untersuchung zur Verbesserung ausgewählter Bodenfunktionen auf drei unterschiedlichen Agrarstandorten der Wildeshauser Geest durch Kompostapplikation; Abh. Naturwissenschaftl. Verein Bremen 44/2-3; 747-765; Festschrift Kuhbier; Bremen 1999.

Oberflächenabtrag und Verlagerung von Pflanzenschutzmitteln

G. Henkelmann¹

1 Einleitung

Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung von Austrag und Verlagerung von Altlasten und Neuanwendungen am Beispiel des Wirkstoffs N-(Phosphonomethyl)-Glycin (Wirkstoff: Glyphosate; Handelsname Roundup) Atrazin und Terbutylazin. Ereignisbezogen wurden die Oberflächenabflüsse von drei hängigen Ackerschlägen beprobt, die Konzentrationen von Glyphosate und seinem Hauptmetaboliten Aminomethylphosphonsäure (AMPA) und die Gruppe der Triazinherbizide im Wasser gemessen. Die Wirkstofffrachten wurden aus den tatsächlichen Abflüssen berechnet. Die Versuche wurden im Zeitraum von 1999 bis 2001 durchgeführt. Die Untersuchungen ergaben nur geringe Befunde von Triazinen aus Altlasten. In der Hauptsache konzentriert sich daher diese Arbeit auf Glyphosate und seine Abbauprodukte.

Glyphosate (Roundup) steht in der Anwendungshäufigkeit und bei den Verkaufszahlen weltweit schon lange unangefochten an der Spitze aller Herbizide. Der jährliche Umsatz lag schon 1992 bei rund 1 Mrd. DM. Dies zeigt, dass diesem Wirkstoff, aus der Sicht des Boden- und Gewässerschutzes ein besonderer Stellenwert einzuräumen ist.

Beim Wirkstoff Glyphosate handelt es sich um ein Herbizid aus der Gruppe der phosphathaltigen Herbizide, einen systemischen Wirkstoff, der über das Blatt oder den Spross aufgenommen wird.

Wirkstoff und Abbauprodukt werden im Phloem transportiert. In der Praxis wird Glyphosate gegen ein- und zweiblättrige Unkräuter eingesetzt. Die Anwendungen erfolgen u.a. bei Wintergerste, im Wein- und Obstbau, in Wiesen, Weiden und in Laub- und Nadelgehölzen. Speziell ist er geeignet zur Bekämpfung von Quecken, Ampfer und Zyperngrass. Der Wirkstoff wird als Totalherbizid eingesetzt.

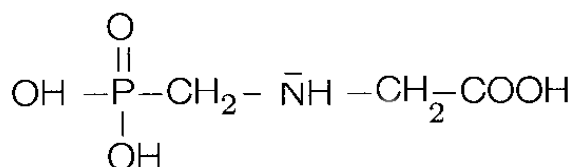


Abbildung 1: Strukturformel von Glyphosate (Roundup)

Diese Anwendung als Totalherbizid macht ihn universell geeignet für den Einsatz im Frühjahr und Herbst, auch zu oder nach dem Zwischenfruchtanbau und zur Saatbettbereitung. Ein weiterer Schwerpunkt der Anwendung liegt im nicht

¹ Günter Henkelmann, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Menzinger Straße 54, D-80638 München, Sachgebiet: Isotopentechnik und Stoffdynamik, Guenter.Henkelmann@LBP.Bayern.de

landwirtschaftlichen Bereich auf Straßen und Wegen, Gleisanlagen und in öffentlichen Anlagen z.B. auf Friedhöfen.

2 Material und Methoden

2.1 Standort

Begleitend zu den Arbeiten in der landwirtschaftlichen Praxis wurden in Freilandlysometern in der Lysimeteranlage der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur in München Markierungsversuche mit C 14 - Glyphosate durchgeführt. Die (nicht markierten) Feldversuche wurden auf dem Versuchsgut des Forschungsverbunds Agrarökosysteme München (FAM) in Scheyern durchgeführt. Auf drei leicht hängigen Ackerschlägen von 1.6 ha, 3.3 ha und 4.3 ha wurde das oberflächlich abfließende Wasser am Hangfuß gesammelt, in ein Rohr abgeleitet und ein repräsentativer Anteil im Labor analysiert.

2.2 Analytik von Glyphosate, AMPA und Triazinen

Die Konzentration und Aufreinigung des Wirkstoffs Glyphosate erfolgte mittels Festphasenextraktion auf Anionenaustauscher-Kartuschen in einer automatischen Zymark Workstation.

Die Analytik erfolgte per HPLC und Nachsäulen-derivatisierung. Die Triazine wurden in RP-C18 Kartuschen konzentriert und per HPLC und UV-Detektor analysiert. Henkelmann (1998).

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Wirkungsweise und Toxikologie von Glyphosate

Der Wirkungsmechanismus besteht vereinfacht aus der Hemmung der Biosynthese von aromatischen Aminosäuren. Höhere Pflanzen zeigen eine stärkere Wirkung als niedere. Mikroorganismen werden weniger geschädigt als Pflanzen. Roslych et al. (1982) beschreibt aber dennoch die Schädigung von Mikroorganismen ab etwa 1µg Wirkstoff pro Gramm Boden. Pilze zeigten keinerlei Reaktion. Versuche an der LBP zeigten, dass es bei Ackerboden zu starken Wachstumsstörungen und einer gestörten Wurzelbildung und einer Verminderung von Knöllchenbakterien kam. Versuche im Freiland hatten jedoch nur einen geringen Einfluss auf den Wachstumszustand und den Ertrag von Ackerbohnen. Dies steht im Zusammenhang mit der starken Bindung des Wirkstoffes im Boden. Der Wurzelraum enthält nur sehr geringe phytotoxische, lösliche Wirkstoffmengen, die Hauptmenge des Wirkstoffes verbleibt sorbiert an den Boden.

3.2 Sorption im Boden

Der Wirkstoff absorbiert sehr rasch im Boden, er wird daher als wenig wassergefährdend und als umweltverträglich eingestuft.

Nicht extrahierbare Rückstände im Boden entziehen sich derzeit der Analytik. Der extrahierbare Wirkstoff war in Lysimeterstudien und 14 C – Markierung nach 2 Jahren nur noch zu 1% in der obersten Bodenschicht nachweisbar.

Über die Struktur und Bindung der nicht extrahierbaren Rückstände (gebundene Rückstände) liegen derzeit noch keine Erkenntnisse vor.

3.3 Abbau / Umbau Glyphosate

Aubin et al. (1992) beschreibt eine Wiederfindung von C 14-Glyphosate nach 56 Tagen zu 79% in lehmigem Boden, von 85% in sandigem Boden. In Feldversuchen (Ontario/Kanada) ist bei Frühljahrs- und Sommerapplikation mit einer Halbwertszeit

(für das Verschwinden des extrahierbaren Wirkstoffes) von 1 - 8 Tagen zu rechnen (Ragab et al. 1985, Roy et al. 1985, Torstenson 1974).

Komoßa und Sandermann (1992) fanden einen Abbau von 70-80% nach 90 Tagen vor allem in Böden mit hohem Gehalt an organischer Substanz. Im Temperaturbereich von 2 bis 15°C waren erst nach 217 Tagen 50 bis 70% des Wirkstoffs mineralisiert worden.

Den Ergebnissen zufolge erfolgt Bindung an den Boden so rasch, dass schon nach kurzer Zeit kein freier, extrahierbarer Wirkstoff zu finden ist. Die nicht extrahierbaren, „gebundenen“ Rückstände und Abbauprodukte verbleiben jedoch noch Jahre im Boden.

3.4 Verlagerung von Glyphosate

Eine Verlagerung ins Sickerwasser konnte in Lysimeterversuchen der LBP-München nachgewiesen werden (Henkelmann (1998). Landrieux et al. (1999) und Lange et al. (2000) beschreiben Belastungen von Fließgewässern mit Glyphosate und AMPA in deutlich erhöhten Konzentrationen über 0.1 ppb

Die schnelle Fixierung im Boden und die starke Sorption weist den Wirkstoff Glyphosate als persistent aus. Hohe Aufwandmengen und häufige Spritztermine können beim Glyphosate zu einer Anreicherung von AMPA führen. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund zu sehen, dass im Rahmen der gentechnologischen Weiterentwicklung der Landwirtschaft, diese Totalherbizide in zunehmendem Maße, bei unterschiedlichen Feldfrüchten zum Einsatz kommen.

Zu beachten ist ferner, dass bei der Sorption von phosphorhaltigen Aminosäurederivaten die Bindung an den Boden kompetitiv zum Phosphat ist. Das bedeutet, dass höhere P-Düngung zu einer Freisetzung des Wirkstoffes führen kann.

3.5 Untersuchungen des Oberflächenabflusses

In Grundwasserproben wurden bisher nur vereinzelt Glyphosate- und AMPA - Rückstände gefunden. Diese rühren von punktförmigen Einträgen her. In einer Untersuchung in Baden Württemberg wurden im Jahr 1986 in 8.3 % der untersuchten Proben Konzentrationen über 0.1 ppb gefunden. In einer Untersuchung von Lange et al. 2000 wurden in Uferfiltraten ebenfalls Konzentrationen über 0.1 ppb gefunden.

In unseren Freilanduntersuchungen wurden auf drei hängigen Schlägen seit Mai 1999 ereignisbezogene Wasserproben des Oberflächenabflusses gezogen und auf organische Wirkstoffe u. a. das phosphorhaltige Totalherbizid Glyphosate untersucht. Von den insgesamt 55, nach Regenereignissen gezogenen Proben konnte in 34 Proben der Wirkstoff Glyphosate und in 23 Proben der Metabolit Aminomethyl-phosphonsäure (AMPA) nachgewiesen werden.

Die folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse einer Freilanduntersuchung auf dem Versuchsgut in Scheyern im Zeitraum von 1999 bis 2001.

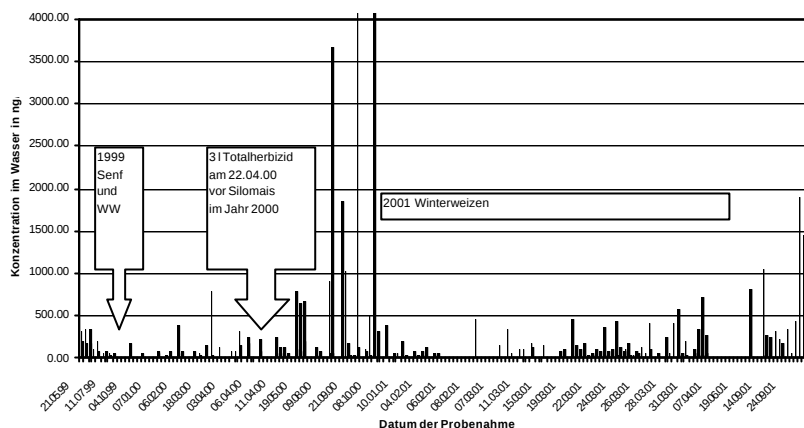


Abbildung 2: Konzentration von Glyphosate und AMPA im Oberflächenabfluss der Abflussmesssstelle. Auf der Ordinate aufgetragen ist die Konzentration in ng/l Abflusswasser

Die mittleren Konzentrationen von Glyphosate lag z.B. im Zeitraum von 6 Monaten nach der Glyphosate-Anwendung (18. März bis 08. Oktober) bei 1836 ng/l im Austragswasser. Die durchschnittlichen Konzentrationen von AMPA lagen im gleichen Zeitraum bei 333 ng/l. Ein punktueller, maximaler Eintrag von 41 µg/l Glyphosate konnte nach einem Regenereignis gemessen werden. Ein Vergleich mit den Regenereignissen zeigte eine unverzügerte, schnelle Verfrachtung von Wirkstoff und Metabolit mit dem Oberflächenabfluss.

Tabelle 1: Ergebnisse aus 3 Freilandversuchen im FAM Zeitraum 1999 bis 2001

Feldgröße (ha)	Oberflächen- Abfluss (m³)	Konz. (ng/l) Glyphosate	Konz. (ng/l) AMPA	Fracht (g/ha) Gly+ AMPA
1.64	2923	49474	7218	101
3.33	8242	4584	922	14
4.32	13789	19317	2156	69

4 Zusammenfassung

N-(Phosphonomethyl)-Glycin (Wirkstoff: Glyphosate; Handelsname Round-up) steht gegenüber anderen Pflanzenschutzmitteln in der Anwendungshäufigkeit und bei den Verkaufszahlen unangefochten an der Spitze aller weltweit eingesetzten Herbizide.

Die schnelle Fixierung im Boden und die starke Sorption weist den Wirkstoff Glyphosate als persistent aus. Dies ist aus der Sicht des Grundwasserschutzes zusammen mit einer hohen Mineralisierungsrate an der Oberfläche positiv zu bewerten. Beim Applikationstermin jedoch, insbesondere bei Anwendungen im zeitigen Frühjahr, besteht die Gefahr der Verlagerung mit dem Oberflächenabfluss oder durch Makroporen, da wegen der kühleren Witterung ein Abbau im Boden stark verzögert ist. Der Wirkstoff kann auch in Glyphosatetoleranten, d.h. gentechnisch veränderten Pflanzen und überwinternden Zwischenfrüchten eingesetzt werden. Ein

Austrag zwischen 10g und 100 g Glyphosate + AMPA pro Hektar wurden nach einer praxisüblichen Anwendung (auf dichten Bestand) im Oberflächen-abflusswasser gefunden.

Ein problematischer Eintragungspfad in Oberflächengewässer ist die Verwendung des Totalherbizids in Gärten, auf Gehwegen, Straßen, Bahnanlagen und Friedhöfen. Der Wirkstoff gelangt bei Regenereignissen sehr schnell in Abwasserkanäle, Drainagen und Vorfluter (Gille 2000).

Dies zeigt, dass diesem Wirkstoff aus der Sicht des Boden- und Gewässerschutzes ein besonderer Stellenwert einzuräumen ist. Beim Applikationstermin besteht die Gefahr, dass der Wirkstoff, auf ungünstigen Standorten, oder bei ungünstigen Anwendungsterminen schnell ausgetragen oder in tiefere Bodenschichten verlagert werden kann.

5 Literatur

AUBIN, SMITH; (1992)

Extraction of 14 C Glufosinate from Saskatchewan soils, J. Agric Food 40/7 S. 113

GILLE, A.; (2000)

Behaviour of Glyphosate on effluents at the exit of hydrographic networks of two cementeries of Toulouse; Seminar on Glyphosate and water; Sept. 2000, Brüssel

HENKELMANN, G.; (2001)

Untersuchungen von Wirkstofffrachten im Agrarökosystem –Monitoring und räumlich Modellierung des Wasserhaushalts, der Bestandesdynamik und der Stoffausträge in Oberflächengewässer und Grundwasser; Jahresbericht 2000 d. Forschungsverbunds Agrarökosysteme München (FAM), ISSN 0941-9063

HENKELMANN (1998)

Verlagerung, Verbleib und Metabolisierung von Terbutylazin im Boden; Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 87, ISSN-0343-1071

LANGE, F. T., POST, B.; (2000)

Occurrence of Glyphosate and AMPA in German Rivers and their behaviour in drinking water treatment; Seminar on Glyphosate and water; Sept. 2000, Brüssel

LANDRIEUX, T.; FIEN; R. LANGE, F. T.; BRAUCH, H. J.; (1999)

Bestimmung von Glyphosate und Aminomethylphosphonsäure (AMPA) in deutschen Fließgewässern; Vom Wasser, 92, 257ff., 1999

RAGAB, M.T.H.; ABDEL-KADER, M.K.H.; STILES, D.D.A. (1985)

Fate of glyphosate in a sandy barn soil and analysis for residues in field-grown crops. Proc. Nova Scotian Inst.Sci. 35, 67-70

ROY, D.N.; KONAR, S.K.; BANERJEE, S.; CHARLES, D.A.; THOMPSON, D.G.; PRASAD, R.; (1989)

Persistence, movement, and degradation of glyphosate in selected Canadian boreal forest soils. J.agric.Fd Chem~ 37, 437-440

HOECHST AG, GLUFOSINATE-AMMONIUM. INFORMATIONEN ZUM WIRKSTOFF, FRANKFURT AM MAIN

KOMOVA, D., GENNITY, I.; (1992)

Plant Metabolism with C-P Bonds, Glyphosate, Pestic, Biochem. and Physiol. 43, 85-94

ROSLYCKY, E.B.; (1982)

Soil Biol. Biochem., 14, 87-92, Glyphosate and the Response of the Soil Microbiota

SMITH, A.E.; BELYK, M.B.; (1989)

Field persistence studies with the herbicide glufosinate-ammonium in Saskatchewan soils. J. Environ.

THOMPSON, ET AL.; (1989)

Liquid Chromatographic Method for Quantitation of Glyphosate..., J. Ass. off. Anal.

Chem., Vol 72, 2

ROY, D. N., ET AL.; (1989)

Persistence, Movement and Degradation of Glyphosate in Selected Canadian Boreal Forest Soils, Am. Chem. Soc. 37, 437-440

Pflanzenschutzmittel in Futtermitteln - Umgang mit einer "neuen" Thematik

Offenbächer, Gustav (Bonn)

Die vierte Verordnung zur Änderung futtermittelrechtlicher Verordnungen vom 12. Juli 2001, ergänzt durch die neunzehnte Änderungsverordnung vom 21. Januar 2002, legt Höchstgehalte an Schädlingsbekämpfungsmitteln in Futtermitteln fest. Die bereits in der Anlage 5 geregelten Chlorierten Kohlenwasserstoffe (z.B. Aldrin, DDT u.a.) werden mit der Anlage 5a um ca. 140 weitere Wirkstoffe ergänzt. Die festgelegten Höchstmengen und die zu deren Überprüfung eingesetzten Analysenverfahren orientieren sich stark an den Vorgaben für den Lebensmittelbereich. Bei der Listung der Futtermittel pflanzlichen und tierischen Ursprungs werden nur die lebensmittelgleichen Einzelfuttermittel genannt, praxisrelevante Komponenten wie z.B. Gras, Heu und Silage sowie Mischfuttermittel sind nicht aufgeführt.

Zum Nachweis des umfangreichen Stoffspektrums gelangen sowohl breit angelegte Multiwirkstoff-Verfahren als auch aufwändige Sondermethoden zur Erfassung einzelner Stoffe zum Einsatz. Das wichtigste Verfahren ist die Multiwirkstoff-Methode L00.00-34 nach §35 LMBG (DFG S 19) mit gaschromatographischer Trennung und elementspezifischer Detektion.

Die Amtliche Futtermittelkontrolle hat für 2002 ein Untersuchungsprogramm für Getreide, Erbsen, Kartoffeln und Möhren festgelegt. Erfasst werden dabei neununddreißig Wirkstoffe nach dem gaschromatographischen Verfahren, drei Wirkstoffe der Benomylgruppe mittels einer HPLC-Methode und fünf Stoffe der Manebgruppe mittels eines photometrischen Verfahrens.

Aus aktuellem Anlass wird der Vortrag ergänzt um einige Anmerkungen zur Analytik von Nitrofen in Futtermitteln.

Schadstoffe und Schadstoffflüsse im System Bodenpflanze Schwermetallstatus landwirtschaftlich genutzter Böden in Thüringen - Bodenuntersuchungsergebnisse im Rahmen der Klärschlamm-verordnung

König, Volkmär (Jena)¹

1. Einleitung und Zielstellung

Die Klärschlammverordnung (AbfKlärV, 1992) regelt, dass vor der erstmaligen Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftliche Nutzflächen und danach wiederholt nach zehn Jahren eine Bodenuntersuchung erforderlich ist (§ 8 AbfKlärV). Dabei sind die Gehalte an Kupfer (Cu), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Blei (Pb), Nickel (Ni), Quecksilber (Hg) und Zink (Zn) zu ermitteln. In Thüringen regelt eine Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der AbfKlärV, dass diese Untersuchungen ausschließlich in der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) Jena durchzuführen sind (ThVV, 1995).

In Auswertung dieses Datenfonds soll in nachfolgendem Beitrag der Schwermetallstatus landwirtschaftlich genutzter Ackerböden in Thüringen anhand

- der statistischen Kennzahlen zu den Schwermetallgehalten
 - des Vergleichs mit Grenz- und Richtwerten und
 - der Auswirkung auf die Eignung Thüringer Ackerflächen für die Klärschlammverwertung
- dargestellt und diskutiert werden.

2. Methodik

Als Datenquelle wurde das in der TLL geführte Thüringer Kataster für Bodenuntersuchungsergebnissen von potentiellen Klärschlamm aufbringungsflächen ausgewertet. Dabei sind die untersuchten Ackerflächen im Zeitraum 1997...2001 einbezogen worden (Tab. 1). In dieser Zeitspanne wurden 7629 Proben von 22.585 ha Ackerfläche untersucht. Die mittlere Probenahme flächengröße beträgt nahezu 3 ha (gemäß AbfKlärV max. 3 ha). Die Bodenproben sind aus der oberen Ackerkrume (0...20 cm Bodentiefe) entnommen worden.

Tabelle 1: Untersuchte Ackerfläche im Zeitraum 1997...2001

1997	1998	1999	2000	2001	Mittelwert	% zur Ackerfläche
3557,5	2932,8	4774,2	5849,1	5471,5	4517,0	0,7

3. Ergebnisse

3.1 Statistische Kennzahlen

In Tabelle 2 sind die statistischen Kennzahlen der ausgewerteten Datengesamtheit enthalten. Anhand der Medianwerte ist erkennbar, dass die Hälfte der untersuchten Flächen Schwermetallgehalte aufweist, welche die Grenzwerte der AbfKlärV mit Ausnahme von Ni und Zn zu weniger als einem Drittel ausschöpfen. Die 75. Perzentilwerte sind geringer als die Hälfte der AbfKlärV-Grenzwerte.

¹ eMail: v.koenig@jena.tll.de

Tabelle 2: Statistische Kennwerte der Schwermetallgehalte in Thüringer Ackerböden (n = 7629 Proben)

Schwermetall	Minimalwert	Perzentile ²⁾				Maximalwert	Grenzwert (AbfklärV)
		25.	50. (Medianwert)	75.	99.		
	Gehalte (mg/kg Boden)						
Kupfer (Cu)	1,10	14,10	19,20	25,00	48,00	393	60
Cadmium (Cd)	0,02	0,17	0,22	0,27	0,78	40	1,0 ¹⁾ /1,5
Chrom (Cr)	3,90	25,50	32,00	41,90	72,00	267	100
Blei (Pb)	3,80	20,00	23,70	29,30	69,20	398	100
Nickel (Ni)	1,30	18,10	25,00	32,80	62,00	163	50
Zink (Zn)	7,20	52,00	61,00	74,00	160,00	872	150 ¹⁾ /200
Quecksilber (Hg)	0,007	0,06	0,073	0,10	0,338	6,9	1,0

¹⁾ für leichte Böden mit < 5 % Tongehalt oder pH > 5...< 6

²⁾ z. B. Perzentil 75: Ist der Schwermetallgehalt der Probe-Nr. 5723 (75 % von 7629 Proben), nachdem die Gehalte der Größe nach aufsteigend sortiert wurden.

Mit Ausnahme von Ni und Zn schöpfen selbst die 99. Perzentilwerte die Grenzwerte nur in der Größenordnung von 34 % (Hg)...80 % (Cu) aus. Daraus resultiert, dass Grenzwertüberschreitungen mit den in Tab. 2 ersichtlichen Maximalgehalten und dem in Tab. 4 gezeigten geringen Umfang vorkommen.

3.2 Schwermetallgehalte im Vergleich zu den Vorsorgewerten der BundesBodenschutzverordnung (BBodSchV)

Bei Überschreitung der Vorsorgewerte nach BBodSchV besteht die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung. Zur Vermeidung einer weiteren Schwermetallanreicherung ist die Einhaltung von jahresbezogenen tolerierbaren Schwermetallfrachten geboten (§ 11 BBodSchV).

In Tabelle 3 ist der Vergleich der analysierten Boden-Schwermetallgehalte mit den Vorsorgewerten der BBodSchV dargestellt.

Tabelle 3: Probenhäufigkeit nach Bodenartgruppen im Vergleich zu den Vorsorgewerten der BBodSchV

Bodenartgruppe	Vergleichsbasis	Cu	Cr	Cd	Pb	Ni	Zn	Hg
Sandböden (n = 354)	= Vorsorgewert	89,5	96,9	97,5	91,0	87,3	86,7	68,9
	> Vorsorgewert	10,5	3,1	2,5	9,0	12,7	13,3	31,1
Lehmböden (n = 3752)	= Vorsorgewert	98,4	98,0	99,4	99,4	97,7	98,4	99,4
	> Vorsorgewert	1,6	2,0	0,6	0,6	2,3	1,6	0,6
Tonböden (n = 3523)	= Vorsorgewert	99,3	99,8	99,7	99,6	99,5	99,5	99,9
	> Vorsorgewert	0,7	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,1

Aus Tab. 3 geht hervor, dass der Probenanteil mit Überschreitung der Vorsorgewerte bei den Sandböden am höchsten ist. Besonders bemerkenswert ist der hohe Anteil mit Überschreitungen bei Hg. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass im Vergleich zu den anderen Schwermetallen ein sehr strenger Maßstab bei der Differenzierung des Richtwertes nach Bodenartgruppen angelegt wurde. Positiv zu bewerten ist der niedrige Anteil an Überschreitungen bei Cd.

Bei den anderen Bodenartgruppen ist der Anteil der Überschreitungen wesentlich geringer. Mehr als 97 % der analysierten Proben unterschreiten bei den Lehm- und Tonböden die Vorsorgewerte. Dabei sind die Unterschiede bei den Schwermetallen nicht wesentlich. Etwas erhöhte Probenanteile liegen bei den Schwermetallen Ni, Cu und Zn vor.

3.3 Auswirkungen auf die Flächeneignung für die Klärschlammverwertung

In Tabelle 4 sind die Flächenanteile nach Stadt- und Landkreisen Thüringens ausgewiesen, die im Vollzug der AbfKlärV für die Aufbringung von Klärschlamm im Zeitraum 1997...2001 gesperrt wurden. Dabei liegen als Versagungsgründe neben grenzwertüberschreitenden Schwermetallgehalten eine sehr hohe Phosphorversorgung (Gehaltsklasse E) und die Unterschreitung des Boden-pH-Wertes von 5,1 vor.

Tabelle 4: Flächenanteil grenzwertüberschreitender Schwermetallgehalte und weiterer Restriktionen für die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung gemäß AbfKlärV

Stadt- u. Landkreise	unters. Fläche	geeignete Fläche	Sperrflächen											P-Gehalts- klasse E	pH<5,1	Schwermetalle u/o P-GHK E u/o pH<5,1
			Schwermetalle								Summe ¹⁾					
			Cu	Cd	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg							
	ha	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
Stadt Erfurt	638,5	86	~	0,5	~	~	8,6	~	~	11	5	0,4	15			
Stadt Gera	75,3	67	3,3	8,0	10,6	3,3	13,3	9,2	~	30	28	~	18			
Stadt Weimar	193,8	41	~	~	~	~	40,0	~	~	40	24	~	59			
Eichsfeld	1249,1	72	~	~	~	~	~	~	~	~	7	2,7	10			
Nordhausen	426,3	93	0,7	0,7	~	~	~	1,4	~	3	5	2,1	7			
Wartburgkreis	2367,1	83	~	~	~	~	12,5	0,1	~	13	5	0,2	17			
Unstr.-Hain.-Kreis	437,7	62	0,4	3,7	~	~	10,7	~	~	15	29	~	38			
Kyffhäuserkreis	620	83	0,5	~	~	~	3,2	~	~	4	13	0,7	17			
Schmalk.-Mein.	3130,8	79	0,5	~	~	0,1	0,5	0,3	~	1	19	1,2	21			
Gotha	5204,3	66	0,2	0,4	~	0,9	5,2	0,6	0,3	7	28	0,3	34			
Sömmerda	1814,5	85	0,3	~	~	~	2,3	~	~	3	12	~	15			
Hildburghausen	664,1	72	5,5	~	~	0,5	12,1	0,5	~	19	11	~	28			
Ilm-Kreis	61,4	14	~	~	20,4	~	~	~	4,2	25	53	17,6	86			
Weimar-Land	1303,3	71	~	~	~	~	13,6	0,7	~	14	17	0,7	29			
Sonneberg	821,4	90	1,5	0,1	~	1,5	~	0,4	0,4	2	6	1,9	10			
Saalf.-Rudolst.	5,5	100	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~			
Saale-Holzl-Keis	677	79	1,2	~	~	~	~	~	~	1	16	5,5	21			
Saale-Orla-Kreis	361,5	83	~	2,1	1,6	4,5	3,6	4,5	~	6	11	~	17			
Greiz	1464,3	79	0,6	0,2	2,3	~	1,3	1,8	~	5	16	1,4	21			
Altenburg	1069,2	97	~	~	~	~	~	~	~	~	2	~	3			
Gesamt	22585,1	78	0,5	0,3	0,3	0,4	5,0	0,5	0,1	7	16	0,9	22			

¹⁾ grenzwertüberschreitende Gehalte bei einem oder mehreren Schwermetallen

Diese Beschränkungen sind in Thüringen in der Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Klärschlammverordnung geregelt. Tabelle 4 zeigt, dass von den im Zeitraum 1997...2001 untersuchten 22585 ha Ackerfläche Thüringens 78 % für eine Klärschlamm aufbringung geeignet waren. 22 % der Fläche mußten gesperrt werden, weil grenzwertüberschreitende Schwermetallgehalte bzw. zu hohe Phosphorgehalte bzw. zu niedrige pH-Werte festgestellt wurden. Dominierenden Anteil hatten nicht die zu hohen Schwermetallgehalte, sondern mit 16 % Flächenanteil zu hohe Phosphorgehalte im Boden.

Der Hauptanteil der insgesamt 7 % Sperrflächen bei den Schwermetallen ist durch Ni bedingt. Im Mittel der Kreise verursachte Ni eine Sperrfläche von 5 %. Dieser Anteil ist zwischen den Kreisen sehr differenziert, wobei der jeweils untersuchte Flächenumfang berücksichtigt werden muss. Demgegenüber sind die mittleren Flächenanteile von 0,1 % (Hg)...0,5 % (Cu, Zn) bei den anderen Schwermetallen relativ gering.

4. Diskussion

Im Rahmen der Klärschlammverordnung werden jährlich ca. 0,7 % der Ackerfläche Thüringens untersucht und im Bodenuntersuchungskataster der TLL erfasst. Die Perzentilwerte in Tabelle 2 haben gezeigt, dass die Schwermetallgehalte in der Regel deutlich unterhalb der Grenzwerte der Klärschlammverordnung liegen. Das gilt auch im Vergleich zu den Vorsorgewerten der Bundes-Bodenschutzverordnung für die in Thüringen überwiegend vorkommenden Lehm- und Tonböden (95 % der untersuchten Proben). Gehalte unterhalb der Vorsorgewerte wurden bei den Ton- und Lehmböden bei mehr als 97 % der Proben festgestellt. Dieser Anteil ist bei den Sandböden insbesondere bei Cu, Zn und Hg deutlich höher. Das ist auf die deutlich strengeren Vorsorgewerte bei Sandböden zurückzuführen.

Der Flächenanteil mit grenzwertüberschreitenden Gehalten gemäß Klärschlammverordnung beträgt in Thüringen bei den einzelnen Schwermetallen mit Ausnahme von Nickel weniger als 0,6 % der untersuchten Ackerfläche. Grenzwertüberschreitende Gehalte bei Nickel kommen mit erhöhten Flächenanteilen (2...40 %) besonders in den Randlagen des Thüringer Waldes und des Thüringer Beckens vor. Die Gehalte liegen in der Regel im Bereich von 50...70 mg/kg Boden und damit bei Tonböden unterhalb des Vorsorgewertes. Es handelt sich vorwiegend um naturbedingt erhöhte Gehalte in Muschelkalk- und Keuperböden, die auch bei Grenzwertüberschreitung unbedenklich sind. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Bedeutung der AbfKlärV-Bodengrenzwerte darin besteht, landwirtschaftliche Nutzflächen mit erhöhten Schwermetallgehalten auszugrenzen und einen weiteren Schwermetalleintrag durch Klärschlamm zu verhindern. Im Mittel der Jahre sind in Thüringen bei deutlicher Differenzierung zwischen den Kreisen rd. 7 % der Ackerfläche aufgrund erhöhter Schwermetallgehalte für die Klärschlammabfuhr gesperrt (Tab. 4). Die Flächensperrung infolge hoher Phosphorgehalte ist demgegenüber mehr als doppelt so hoch.

5. Schlussfolgerungen

Das Thüringer Klärschlammkataster ist eine wichtige Datengrundlage zur Erfassung des Schwermetallstatus Thüringer Ackerflächen. Durch die gesetzlich vorgeschriebenen Bodenuntersuchungen wird der Überblick jährlich erweitert. Bei insgesamt mehr als 95 % der untersuchten Böden sind die entsprechenden Vorsorge- und Grenzwerte unterschritten. Daraus resultiert, dass die Thüringer Ackerflächen einen unbedenklichen Schwermetallstatus haben.

Flächen mit grenzwertüberschreitenden Gehalten werden im Schwermetall-Monitoring der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft anhand von Boden- und Pflanzenuntersuchungen hinsichtlich der Unbedenklichkeit für die landwirtschaftliche Nutzung mehrjährig überwacht.

CO₂-Flüsse aus dem Boden in Abhängigkeit von steigenden Gehalten an Cd, Cu und Ni und ihrer Verteilung im Boden

Kuzyakov, Yakov (Stuttgart)¹; Raskatov, Alexei; Kaupenjohann, Martin

Einleitung

Schwermetalle (SM) beeinflussen nicht nur die Qualität der pflanzlichen Produktion, sondern auch mikrobielle Prozesse in Böden und die Wurzelfunktionen. Eine der Möglichkeiten diese Schadstoffeffekte zu erfassen, ist die Messung des CO₂-Effluxes als eines Integralparameters aus dem kontaminierten und nicht kontaminierten Boden. Anschließende Unterteilung des CO₂-Gesamteffluxes aus Boden in das rhizosphärenbürtige CO₂ (Wurzelatmung + mikrobielle Veratmung der Exsudate und anderer Rhizodeposite) und das aus dem mikrobiellen Abbau der organischen Bodensubstanz (OBS) stammenden CO₂ ermöglicht die Effekte auf die Bodenmikroorganismen und die Pflanze getrennt zu quantifizieren. Solche Unterteilung ist z.B. mit der Markierung der Pflanzen mit einem C-Isotop möglich.

Ziel

Ziel dieser Studie war die Untersuchung der Effekte steigender Gehalte der Schwermetalle im Boden auf:

- die mikrobielle Aktivität im unbepflanztem und bepflanztem Boden,
- zwei wichtigsten Wurzelfunktionen, nämlich Wurzelatmung und Exsudation organischer Stoffe,
- die Ausscheidung der Schwermetalle durch die Wurzeln.

Material und Methoden

Der CO₂-Efflux aus lehmiger schwach pseudovergleyter Parabraunerde (Versuchsstation Karlshof der Universität Hohenheim, Haplic Luvisol: C_{org} 1.2%, pH_{CaCl2} 6.8) mit Mais wurde abhängig von steigenden SM-Gehalten in einem Gefäßversuch mit 312 g Boden untersucht. Zur Trennung des rhizosphärenbürtigen CO₂ vom CO₂ aus mikrobiellem OBS-Abbau wurden die Pflanzen am 15., 25. und 35. Tag nach der Aussaat in der ¹⁴CO₂-Atmosphäre pulswise markiert. Die Bodenparameter und die Markierungsmethode wurde ausführlich früher beschreiben (Domanski et al., 2001; Kuzyakov et al., 2001). Schwermetalle: Cd, Cu und Ni wurden in den Boden in wässriger Lösung als Chloride vor der Pflanzenaussaat eingebracht. Zur Simulation der Unregelmäßigkeit der Cd-, Cu- und Ni-Verteilung im Boden wurde Split-Root-System mit kontrastenden SM-Gehalten in beiden Bodenhälften angewendet. Folgende steigende Konzentrationen der SM wurden getestet: Cd: 10 und 20 mg kg⁻¹; Cu: 250, 500 und 1000 mg kg⁻¹ und Ni: 1000 und 2500 mg kg⁻¹. Split-Root-System ermöglichte auch den Transfer der Schwermetalle aus dem kontaminierten in den unkontaminierten Teil und ihre Ausscheidung durch die Wurzel zu verfolgen.

CO₂- und ¹⁴CO₂-Efflux wurde getrennt aus beiden Split-Root-Hälften und aus dem Boden ohne Mais mit gleichen Konzentrationen von Cd, Cu und Ni gemessen. Der CO₂-Gesamtefflux aus Boden wurde in NaOH gefangen und durch Titration bestimmt. Wurzelbürtiger CO₂-Efflux wurde als ¹⁴CO₂ an einem ?-Spektrometer bestimmt. Zehn Tage nach der letzten ¹⁴C-Markierung (45-Tage-alten Pflanzen) wurden die Gefäße destruktiv beprobt. Maisblätter, Wurzeln und Boden aus

¹ eMail: kuzyakov@uni-hohenheim.de

unkontaminierter und kontaminierter Hälfte wurden für die Cd-, Cu- und Ni-Gesamtgehalte am AAS analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Der CO_2 -Efflux aus unbepflanztem Boden betrug $10,6 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ d}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ($32 \text{ kg C-CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$).

Nur sehr hohe Ni-Konzentration führte zur Verringerung des CO_2 -Effluxes aus unbepflanztem Boden. Das heißt, dass die OBS-abbauenden Mikroorganismen durch die Belastung mit geprüften Schwermetallen in ihrer Tätigkeit kaum beeinträchtigt wurden. Das CO_2 -Efflux aus dem Boden mit Mais war ca. 2 mal höher als aus unbepflanztem Boden und betrug $22,0 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ d}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ($66 \text{ kg C-CO}_2 \text{ d}^{-1} \text{ ha}^{-1}$).

Der rhizosphärenbürtige $^{14}\text{CO}_2$ betrug 6.0-7.0% der assimilierten C-Menge bei 25-Tage-alten Maispflanzen und verringerte sich bis 0.4-2.0% bei 45-Tage-alten Maispflanzen. Steigende SM-Gehalte führten zur deutlichen Verringerung des rhizosphärenbürtigen CO_2 . Das heißt, dass die Wurzelatmung und Exsudation über die negative Einflüsse der Schwermetalle auf die gesamte Pflanze bzw. Wurzeln verringert wurden. Wenn gleiche SM-Konzentrationen verglichen wurden, wurde der stärkste Effekt durch Cd und der geringste durch Ni verursacht.

Der Effekt aller Schwermetalle auf den wurzelbürtigen $^{14}\text{CO}_2$ -Efflux steigt im Laufe der Pflanzenentwicklung wegen SM-Akkumulation im Pflanzengewebe. So wurde nach der 1. ^{14}C -Markierung eine Verringerung des $^{14}\text{CO}_2$ -Effluxes vor allem aus der kontaminierten Bodenhälfte des Split-Root-Systems nachgewiesen. Nach der letzten ^{14}C -Markierung war ein deutlicher Rückgang des $^{14}\text{CO}_2$ -Effluxes aus beiden Split-Root-Hälften zu verzeichnen (Abb. 1).

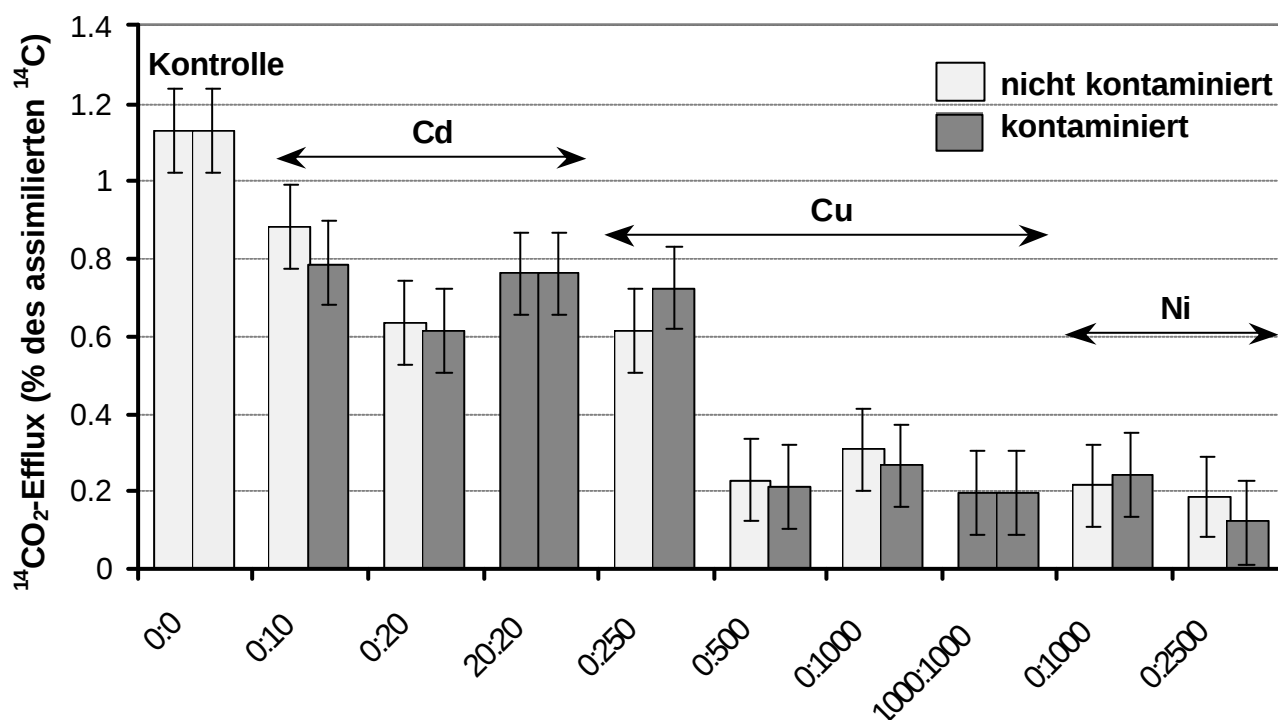


Abb. 1: Kumulativer $^{14}\text{CO}_2$ -Efflux (% des assimilierten $^{14}\text{C} \pm \text{LSD}, 5\%$) aus dem Boden mit Maispflanzen (45 Tage alt) abhängig von Cd-, Cu- und Ni-Kontamination (mg kg^{-1}) und ihrer Verteilung im Boden.

Es wurde eine geringe Ausscheidung der Schwermetalle aus der Wurzel von Mais in den nicht kontaminierten Teil des Bodens im Split-Root-System nachgewiesen.

Folglich können die Pflanzen ein Teil aufgenommener Schwermetalle passiv oder aktiv durch die Wurzeln ausscheiden.

Schlussfolgerungen

- Belastung des Bodens mit Schwermetallen verringert vor allem den wurzelbürtigen CO₂-Efflux. Folglich, steigt der Anteil des OBS-bürtigen CO₂-Efflux am CO₂-Gesamtefflux aus dem Boden.
- Effekt der Schwermetalle auf den wurzelbürtigen CO₂-Efflux steigt in der Reihenfolge: Ni < Cu < Cd. Die Signifikanz der Effekte steigt mit dem SM-Gehalt im Boden an.
- Nur sehr hohe Ni-Belastung (2500 mg kg⁻¹) verringert den OBS-bürtigen CO₂-Efflux.
- Die Pflanzen sind imstande die aufgenommenen Schwermetalle durch die Wurzeln auszuscheiden.

Literatur

- Domanski G., Kuzyakov Y., Siniakina S.V., Stahr K. 2001. Carbon flows in the rhizosphere of *Lolium perenne*. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 164 (4): 381-387.
- Kuzyakov Y., Ehrensberger H., Stahr K. 2001. Carbon partitioning and below-ground translocation by *Lolium perenne*. Soil Biology and Biochemistry. 33 (1): 61-74.

Die schlagbezogene Cd-Bilanz - ein Baustein zum landwirtschaftlichen Verbraucherschutz und zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit

Mönicke, Rolf (Leipzig)¹

Seit jeher ist es Aufgabe der Landwirtschaft, gesundheitlich unbedenkliche Nahrungsmittel zu erzeugen sowie die Bodenfruchtbarkeit unbegrenzt zu erhalten. Die zur Ertragsbildung erforderlichen Nährstoffzufuhren, insbesondere die Vielgestaltigkeit der jährlich auf das Feld gebrachten Inputstoffe und die durch die Endlichkeit und Verschlechterung von Nährstoffreserven (z. B. Rohphosphatvorräte) notwendige Rückführung von Nährstoffen in den Stoffkreislauf erfordern eine bewusstere Beachtung von Schadstoffen im Rahmen eines **schlagspezifisch geführten Bodenschutzes**.

Bis heute werden die Schadstoffeinträge durch das Festlegen von Höchstkonzentrationen und –aufwandmengen, d. h. auf Frachtenbasis für Sekundärrohstoffdünger begrenzt. Für Wirtschaftsdünger fehlen derartige Festlegungen.

Vom BMU und BMVEL ist im Juni 2002 ein Vorschlag [1] zum zukünftigen Bodenschutz unterbreitet worden. Der Vorschlag betrachtet nur den Eintragspfad und nicht die sehr schlagspezifisch differenzierte Dynamik des Schadstoffaustrages. Er geht davon aus, dass auf den Boden nur Stoffe gehören, die bezüglich des Schadstoffgehaltes in ihren nicht mehr der Mineralisierung unterliegenden Teilen den Bodenvorsorgewerten lt. Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung entsprechen. Abgesehen davon, dass diese Werte z. B. beim Cd unter Beachtung von Transfer Boden/Pflanze und Einhaltung der Lebensmittelrichtwerte bei bestimmten Bodenarten zu hoch liegen [3], wird völlig missachtet, dass der verbleibende Anteil in einem extrem weitem Verhältnis zur Bodenmasse steht. Werden z. B. 5 t TM Klärschlamm pro Hektar ausgebracht, bleiben davon rund 2,5 t übrig. Das Verhältnis zu einer 30 cm Bodenschicht beträgt 1:1600. Wird dazu noch die Anwendungshäufigkeit von z. B. Klärschlamm oder Kompost berücksichtigt, ergeben sich gigantische Verdünnungsraten (bis 1:80000).

Es ist somit völlig abwegig, dass das Einhalten der Vorsorgewerte des Gesamtbodens die wesentliche Unterschreitung dieser Werte im aufgebrachten Material erfordert und danach die Eignung von z. B. Sekundärrohstoffdünger oder Wirtschaftsdünger zur landwirtschaftlichen Verwertung abhängen soll. Außerdem bezieht sich der Vorschlag auf durchschnittliche Mineralisierungsraten, Nährstoffgehalte und –ansprüche sowie pauschale landwirtschaftliche Bewirtschaftungssysteme und entspricht damit keinesfalls der Vielgestaltigkeit der Inputstoffe und der landwirtschaftlichen Flächennutzung. Da hilft auch die Zugabe durch die generelle Unterstellung eines Analysenfehlers von 50 % im o. g. Vorschlag nicht.

Ein wissenschaftlich geführter Bodenschutz ist nur auf der Basis einer schlagbezogenen Einzelfallbetrachtung bei Gegenüberstellung der Ein- und Austragsfrachten möglich.

Eine über die Jahre geführte schlagspezifische Schadstoffbilanz bei Ausweisung eines kumulativen neutralen bzw. negativen Saldos entspricht in Verbindung mit der Sicherung einer ausgeglichenen Humus- und Nährstoffbilanz den Forderungen eines

¹ eMail: rolf.moenicke@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

nachhaltigen Bodenschutzes und ist eine Voraussetzung zur dauerhaften Produktion gesunder Lebensmittel.

Durch eine Bilanzierung der Ein- und Austräge ist der Landwirt in der Lage, den Schutz seiner Böden selbst zu sichern, den Düngungsanforderungen auch unter Beachtung wirtschaftlicher Gesichtspunkte und den Belangen der Humus- und Nährstoffbilanz gerecht zu werden. Auch wird der Tatsache entsprochen, dass bei jeder Kreislaufführung von Nährstoffen eine behandlungsbedingte Aufkonzentration von Nähr- und Schadstoffen, die bei der Ausbringung auf dem Feld rückverdünnt werden, erfolgt. Weiterhin kann eine einmalig höhere Schadstofffracht (verursacht durch z. B. schlechtere Rohphosphatvorräte) in den folgenden Jahren bewusst kompensiert werden.

Von den Schadstoffen spielen die Schwermetalle eine besondere Rolle, da sie sich bei unausgewogenem Input/Output-Verhältnis im Boden anreichern können. Cu und Zn sind potentielle Mikronährstoffe und müssen unter Beachtung des "Wirkungsgrades" der Bodendüngung in Mengen im Boden vorgehalten werden, die den Entzug um ein Vielfaches übersteigen. Pb unterliegt der bekannten Wurzel-Spross-Barriere. Von allen Schwermetallen zeigt letztlich das Cd den ausgeprägtesten Transfer Boden/Pflanze/Tier bis in die Nahrungskette des Menschen und hat dort gesundheitsgefährdende Wirkung. Außerdem schädigt es bei höherer Konzentration (ab 20 ppm) das Bodenleben.

Seit 1997 wird in Sachsen im Zuge der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung eine schlagbezogene Cd-Bilanz über mehrere Jahre bei den einzelnen Landwirten geführt. In dem handgeführten Cd-Bilanzbogen werden die gebietsbezogenen Einträge über Luft absolut; über P- und andere Mineral- sowie Kalkdünger, bezogen auf den Nährstoffgehalt; über Wirtschaftsdünger, bezogen auf die ausgebrachte Frischmenge; über Klärschlamm und Komposte, bezogen auf TM und den tatsächlichen Gehalt, im jeweiligen Jahr ermittelt. Dem Eintrag wird der Austrag im gleichen Jahr gegenübergestellt. Er setzt sich aus den vom Feld abgefahrenen landwirtschaftlichen Produkten bzw. Nebenprodukten (z. B. Stroh) zusammen und beachtet den Austrag über das Sickerwasser. Die gebildete Sickerwassermenge ist von Bodenart und Niederschlagsgebiet abhängig, beruht auf jahrzehntelangen Lysimetermessungen und wird über eine Hilfstabelle ermittelt. Die den In- und Outputfaktoren zugeordnete Größe der Cd-Gesamtmenge bzw. Cd-Gehalte geht auf jahrelange landesspezifische Messungen und auf Literaturangaben zurück.

Bedingt durch die ungenügende Datensicherheit der Cd-Konzentration des Sickerwassers wurden 400 zusätzliche Messungen im Sickerwasserabfluss der durchwurzelten Bodenschicht bis etwa 1 m Tiefe (Dränwasser) von landwirtschaftlich genutzten Flächen auf V-Standorten in niederschlagsreichen Gebieten (hoher Verdünnungsgrad) durchgeführt. Der der Bilanz zugrundegelegte Konzentrationswert beträgt 2 µg Cd/l und liegt damit am unteren Ende der meisten Literaturangaben. Lediglich das UBA [2] rechnet mit einer Cd-Konzentration im Sickerwasser von 0,14 µg/l. Es ist jedoch zu beachten, dass der Cd-Transfer Boden/Pflanze vorrangig vom Gesamtgehalt der durchwurzelten Bodenschicht (bis 1 m Tiefe) abhängt. Deshalb ist die Cd-Konzentration von Sickerwasser in noch tieferen Schichten für den Bodenschutz unbedeutend.

Ein positiver Jahressaldo der Bilanz kann durch einen negativen Saldo in späteren Jahren ausgeglichen werden. Das drückt sich im kumulativ geführten Saldo über die Jahre aus. Ist dieser ausgeglichen bzw. negativ, ist das ein Zeichen dafür, dass es im Boden langfristig nicht zur Anreicherung von Cd kommt. Unter Beachtung des Cd-Gesamtgehaltes und eventuell des pH-Wertes des Bodens ist der o. g. kumulative Saldo ein Beleg dafür, dass sich der Boden zur Produktion von z. B. Getreide, das

den Cd-Richtwert unterschreitet, eignet und für eine, die Bodenfruchtbarkeit bewahrende Bodennutzung.

Die handgeführte Cd-Bilanz wurde von den Landwirten im Freistaat Sachsen gut angenommen. Es wurden weit über 100 Cd-Bilanzen gerechnet. Eine Verpauschalisierung der Bilanzen ist nicht möglich, was die Notwendigkeit der schlagspezifischen Einzelfallbetrachtung unterstreicht. Ganz allgemein und von Fall zu Fall unterschiedlich kann jedoch gesagt werden, dass es bei Einsatz von Klärschlamm bzw. Mehrnährstoffdünger im 3-Jahreszeitraum in der Regel zu einem ausgeglichenen bzw. negativen kumulativen Saldo kam, während bei der Verwendung von Bioabfallkompost oder Super- bzw. Triple-Superphosphat oft ein positiver Saldo nach dieser Zeitspanne ermittelt wurde.

Aus Gründen der Arbeitszeiterparnis und der Nutzung eines detaillierteren und umfangreicheren Datenhintergrundes wurde der Cd-Bilanzbogen programmtechnisch umgesetzt und an das Düngungsberatungssystem BEFU des Freistaates Sachsen gekoppelt. So werden Daten, die ohnehin zur Düngerbedarfsrechnung und zum obligatorischen Führen der Nährstoffbilanz eingegeben sind zum Erstellen der Cd-Bilanz verwendet. Es können aber auch fiktive Daten eingegeben werden, um die Auswirkungen bestimmter Inputstoffe auf den Saldo im Zuge des bewusst gestalteten Bodenschutzes vorab klären zu können (vgl. Abb.) [4].

Abb.: Cd-Bilanz Ergebnisdarstellung

Umweltgerechte Landwirtschaft in Sachsen

BEFU-Cd

Schlagbezogene Cadmium - Bilanz von 1997 bis 1999

Betrieb: Musterbetrieb

09999 Musterdorf

15.05.2001

Feldstück-Schlag:

2 - 1

Schlag 2-1

10 ha

sL

L6

(g/ha)

Datum	Bezeichnung	Menge	Cd
Bilanz für 1997			
Einträge aus Luft			
	Luftdeposition ländlicher Raum /a		0,80
Einträge aus organischer Düngung und Abfällen			
10.08.1996	Klärschlamm	16,60 t/ha	4,88
Einträge aus mineralischer Düngung			
12.03.1997	Kalkammonsalpeter (27)	3,00 dt/ha	0,08
20.04.1997	Kalkammonsalpeter (27)	0,70 dt/ha	0,02
Austräge durch Ernteprodukte			
25.07.1997	Winterraps (Nebenprodukt auf Schlag *)	37,00 dt/ha	0,07
Austräge durch Sickerwasser			
	Sickerwasser (bei Niederschlag <600 mm/a)	1000000 l/ha	2,00
Jahressaldo (Summe Einträge - Austräge)			3,70
Bilanz für 1998			
Einträge aus Luft			
	Luftdeposition ländlicher Raum /a		0,80
Einträge aus organischer Düngung und Abfällen			
01.09.1997	Stroh Winterraps	7,40 t/ha	0,00
Einträge aus mineralischer Düngung			
08.03.1998	NP (22+22)	2,70 dt/ha	0,04
02.04.1998	Kalkammonsalpeter (27)	1,10 dt/ha	0,03
14.05.1998	Kalkammonsalpeter (27)	1,48 dt/ha	0,04
Austräge durch Ernteprodukte			
05.08.1998	Qualitätsweizen (Nebenprodukt auf Schlag *)	85,00 dt/ha	0,51
Austräge durch Sickerwasser			
	Sickerwasser (bei Niederschlag <600 mm/a)	1000000 l/ha	2,00
Jahressaldo (Summe Einträge - Austräge)			-1,60
Bilanz für 1999			
Einträge aus Luft			
	Luftdeposition ländlicher Raum /a		0,80
Einträge aus organischer Düngung und Abfällen			
01.09.1998	Stroh Qualitätsweizen	8,50 t/ha	0,00
10.04.1999	Gülle normal/ Rind	30,00 m³/ha	0,67
Einträge aus mineralischer Düngung			
17.02.1999	Kohlensaurer Kalk (45)	31,00 dt/ha	0,93
14.05.1999	Kalkammonsalpeter (27)	3,70 dt/ha	0,09
Austräge durch Ernteprodukte			
18.11.1998	Zwischenfrucht	150,00 dt/ha	1,35
20.09.1999	Silomais	550,00 dt/ha	8,25
Austräge durch Sickerwasser			
	Sickerwasser (bei Niederschlag <600 mm/a)	1000000 l/ha	2,00
Jahressaldo (Summe Einträge - Austräge)			-9,11
Kumulativer Saldo			-7,01
Durchschnittlicher Saldo			-2,34
von 1997 bis 1999			

*) nur Anrechnung des abgefahrenen Ernteproduktes

Fortsetzung der Abb.

Umweltgerechte Landwirtschaft in Sachsen				BEFU-Cd
Schlagbezogene Gesamt-Cadmium-Bilanz von 1997 bis 1999				
Betrieb: Musterbetrieb		09999 Musterdorf		15.05.2001

Saldo der Einzelschläge über mehrere Jahre

Feldstück-Schlag	Schlagname	ha	Anzahl Jahre	(g/ha)	
				kumulativ	Durchschnitt
1 - 1	Schlag 1-1	20,00	3	7,84	2,61
2 - 1	Schlag 2-1	10,00	3	-7,01	-2,34
3 - 1	Schlag 3-1	10,00	3	-6,35	-2,12
4 - 1	Schlag 4-1	10,00	3	-9,73	-3,24
5 - 1	Schlag 5-1	15,00	3	3,95	1,32
6 - 1	Schlag 6-1	15,00	3	-3,90	-1,30

Durchschnittlicher Saldo - gesamt

von	1997	80,00	1,55
	1998	80,00	0,46
	1999	80,00	-2,93
	bis 1999	240,00	-0,31

Fehlen Flächenangaben für die Schläge, so kann die durchschnittliche Cadmium-Bilanz nicht korrekt berechnet sein !

Erläuterungen:

Jahressaldo

Der Jahressaldo ist der Saldo von Cd-Ein- und -Austrägen für den Schlag und das entsprechende Jahr. Ein positiver Saldo bedeutet eine Zunahme des Cd-Gehaltes im Boden und darf 6 g/ha nicht überschreiten. Das Ziel ist ein Saldo von Null oder negativ.

Kumulativer Saldo

Der kumulative Saldo ist die Summe der positiven oder negativen Jahressalden. Er zeigt über die Jahre aufaddiert die Größe des Cd-Ein- bzw. -Austrages an. Bei der Beurteilung der Größe ist zu beachten, dass der Hintergrundwert sächsischer Böden 0,2 mg Cd/kg Boden beträgt. Das sind 800 g Cd/ha, bezogen auf eine Bodentiefe von 30 cm. Ab einem Bodengehalt von 0,4 mg Cd/kg Boden ist mit dem Überschreiten des Lebensmittel-Richtwertes zuerst von Winterweizen (0,1 mg Cd/kg Körner) zu rechnen.

Durchschnittlicher Saldo

Der durchschnittliche Saldo ist der Mittelwert der jährlichen Bilanzsalden. Die Größe des Saldos im positiven Bereich ist ein Maß für die tendenzielle Anreicherung von Cd im Boden. Das Ziel ist ein Saldo von Null oder negativ.

Literatur:

- [1] R. Mönicke und F. Förster: "Die schlagbezogene Cd-Bilanz – ein Baustein zum landwirtschaftlichen Verbraucherschutz und zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit" Infodienst der LfL, 12/2001, S. 65-76
- [2] Anonym: Pressemitteilung BMU/BMVEL vom 03.06.02 "Gute Qualität und sichere Erträge" Konzeption S. 1-7
- [3] C. Bannick: "Grundsätze und Maßnahmen für eine vorsorgeorientierte Begrenzung von Schadstoffeinträgen in landwirtschaftlich genutzten Böden. Tagung "Abfälle aus Kläranlagen im NRW" am 29./30.08.01 in Essen, Tagungsband Teil B, S. 16-29
- [4] R. Mönicke, R. Klose und H.-J. Kurzer: Mehrjährige Untersuchungen zum Schwermetalltransfer auf Praxisschlägen in Sachsen. Schriftenreihe der LfL, 2. Jg. (1997), 3. Heft, S. 55-79

Anwendung von Tonmineralien zur Verringerung der Verfügbarkeit von Schwermetallen im Boden

Rabea, Adel (Hohenheim)¹; Usman, A.R.A.; Kuzyakov, Y.; Stahr, K.

Einleitung:

Hohe Konzentrationen von Schwermetallen (SM) verringerten die Anwendbarkeit organischer Stadtabfälle als Bodenverbesserungsmittel. Eine der Möglichkeiten die Verfügbarkeit der SM für die Pflanzen und die Auswaschungsgefahr zu verringern, ist die Ausbringung unterschiedlicher Tonminerale. Die Verringerung der verfügbaren Form von Zn, Pb und Cd durch die Einmischung von Zeolith, Ca-Bentonit und Na-Bentonit in einen stark durch SM belasteten Boden wurde untersucht. Im Vergleich zu Zeolith absorbieren Na-Bentonit und Ca-Bentonit größere Menge an Schwermetalle (Pb, Cd, und Zn).

Material und Methoden:

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden Proben, die mit Klärschlamm belastet sind, aufgenommen. Die Gesamtgehalte ergaben für Pb 1133 mg/kg, für Cd 76.7 mg/kg, und für Zn 4500 mg/kg.

Drei Mengen an Tonmineralen (0.05, 0.1, und 0.5 g) wurden zu 2 g Boden zugegeben, der mit Schwermetallen belastet ist. Die Probe wurden mit 50 ml von 1 M NH_4NO_3 extrahiert und für 24 h geschüttelt. Danach wurden die Proben zentrifugiert und filtriert. In den Filtraten wurden drei Schwermetalle (Pb, Cd, und Zn) durch AAS gemessen.

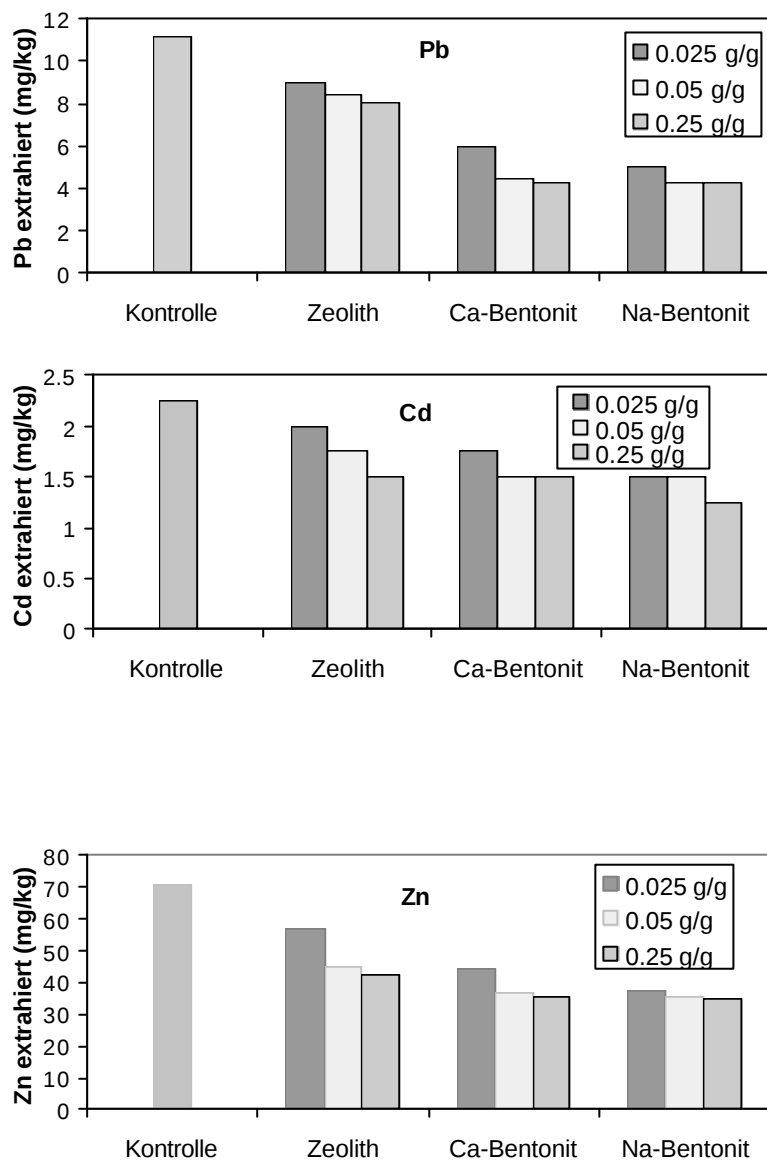
Ergebnisse und Diskussion:

Die drei angewendeten Tonminerale (Zeolith, Ca-Bentonit, und Na-Bentonit) verringerten die Mengen von NH_4NO_3 -extrahierbaren Pb, Cd, und Zn (Abbildung 1). Abhängig von der zugegebenen Menge verringert die Einmischung aller drei Tonminerale zum Boden die Verfügbarkeit der SM um 20% bis 50%. Na-Bentonit und Ca-Bentonit haben eine größere Affinität als Zeolith, die Verfügbarkeit von Pb, Cd, und Zn zu immobilisieren, da sie im Vergleich zu Zeolith die 5- bis 7-fache Menge an Dreischichttonmineralen enthalten. Na-Bentonit hat sich als bestes Tonmineral erwiesen. Die Erhöhung der zugegebenen Menge.

Bodenmasse führt zu keinem weiteren Rückgang der Verfügbarkeit der Schwermetalle.

¹ eMail: rabie35@hotmail.com

Abb. 1. Einfluss von Tonmineralen und deren Menge auf NH_4NO_3 -extrahierbaren Pb, Cd, und Zn.



Schlussfolgerungen

Einsatz von Tonmineralen zur Verringerung der Verfügbarkeit von Schwermetallen im Boden ist eine chancenreiche Anwendung. Zur Immobilisierung der Schwermetalle (Pb, Cd, und Zn) haben Na-Bentonit und Ca-Bentonit eine größere Affinität im Vergleich zu Zeolith.

Risiko der Schwermetallbelastung von Böden bei regelmäßiger Kompostanwendung

Kluge, Rainer (Karlsruhe)¹

Ausgangslage

In Baden-Württemberg werden seit 1995 Dauer-Feldversuche zur landwirtschaftlichen Kompostanwendung auf typischen Ackerstandorten durchgeführt. Ziel der Versuche ist es, noch offene Fragen zur nachhaltigen Kompostverwertung unter realen Bedingungen der landwirtschaftlichen Praxis zu bearbeiten. Das ganzheitliche Bearbeitungskonzept sieht vor, alle maßgebenden Vorteilswirkungen, wie düngende und bodenverbessernde Wirkungen, in Abwägung mit den möglichen Risiken, wie Schadstoffwirkungen auf Böden und Ernteprodukte sowie Fragen der Hygiene und Phytohygiene, objektiv zu prüfen. In den dafür notwendigen Abwägungsprozess werden standort- und nutzungsbezogene Anforderungen und auch die Langzeitwirkung von Komposten einbezogen. Ein wesentliches Anliegen der Versuche, die seit dem Jahr 2000 als DBU-Verbundprojekt mit erweiterter Zielstellung² durchgeführt werden, ist es, das Risiko der Schwermetallbelastung der Ackerböden bei regelmäßiger Kompostanwendung einzuschätzen. Erste Ergebnisse dazu wurden berichtet (TIMMERMAN u.a., 1999).

Material und Methoden

Vier der Kompost-Dauerversuche laufen inzwischen im 8. Versuchsjahr, zwei im Jahre 1998 angelegte Versuche im 5. Versuchsjahr. Als typische Bodenarten der Versuchsstandorte wurden überwiegend mittlere und schwere Böden (fünf Versuche), auf denen vorrangig positive Kompostwirkungen zu erwarten sind, daneben aber auch ein leichter Boden ausgewählt. Alle Versuche sind einheitlich zweifaktoriell angelegt. Der Faktor „Kompost“ sieht eine Staffelung der jährlichen Kompostgaben in vier Stufen K0, K1, K2 bzw. K3 entsprechend 0, 5, 10 bzw. 20 t Kompost-Trockenmasse (TM)/ha vor. Über diese Kompostgaben wird der Faktor „ergänzende mineralische N-Düngung“ mit den Stufen N0, N1 bzw. N2 entsprechend ohne N-Düngung, 50 % bzw. 100 % der optimalen N-Gabe der angebauten Kultur gelegt. Insgesamt ergeben sich daraus 12 Varianten mit vier Wiederholungen/Variante. Die Fruchtfolgerotation besteht, einheitlich über alle Versuche, aus der Folge Körnermais bzw. Silomais, Winterweizen, Wintergerste. Mit dieser Versuchsanordnung wird eine gute Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Standorte und Komposte erreicht. Sie ist, gemeinsam mit der mehrjährigen Versuchsführung ein wesentlicher Gesichtspunkt für die Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse auf reale Praxisverhältnisse.

Zur Bewertung der Schwermetallsituation in Böden und Pflanzen der Feldversuche wurden die Gesamtgehalte (Aufschluß in Königswasser) an Schwermetallen (Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, Zn, Hg) in den eingesetzten Komposten sowie in den Ernteprodukten und Böden der Versuchspartellen untersucht. Um auch die mobilen Schwermetallfraktionen zu erfassen, wurden die mit 1 M NH_4NO_3 -Lösung

¹ Dr. Rainer Kluge, Staatliche Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Augustenberg, Nesslerstrasse 23, 76227 Karlsruhe; eMail: rainer.kluge@lufa.bwl.de

² Förderprojekt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt „Kompostverwertung in der Landwirtschaft“ (Az. 08931). Gütegemeinschaft Kompost Region Süd e.V. (Bevollzugsempfänger) und Projektpartner LUFA Augustenberg, Karlsruhe, Institut für Agrarpolitik der Universität Hohenheim, Stuttgart, und Fachhochschule Nürtingen, Fachbereich Betriebswirtschaft Geislingen

extrahierbaren Schwermetallgehalte der Böden (Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, Zn) bestimmt. Hier ausgewertete Ergebnisse beziehen sich auf Berichte von TIMMERMANN u.a. (1999) und ANONYM (2002).

Ergebnisse

Die jährlichen Schwermetall-frachten, die dem Boden mit Gaben gütegesicherter Komposte von jährlich 10 bzw. 20 t Trockenmasse (TM)/ha im Mittel aller Versuche zugeführt wurden, zeigt Abbildung 1 als Relation zu den lt. Bioabfall-Verordnung (BioAbfV) jährlich zulässigen maximalen Frachten (abgeleitet für Schwermetall-Grenz-gehalte bei maximalen Kompostgaben von 30 t TM/ha im Zeitraum von drei Jahren). Bei jährlichen Gaben von 10 t TM/ha werden die Grenzfrachten (= 100 %) durchweg deutlich unterschritten. Die Ausschöpfung beträgt bei Pb, Cd, Cr, Ni und Hg im Mittel 30 - 50 %. Bei Cu und Zn liegen höhere Ausschöpfungsraten von 60 - 80 % vor. Die „Extremvariante“ mit jährlichen Kompostgaben von 20 t TM/ha, die in die Versuchsanordnung eingefügt wurde, um auch die Wirkung deutlich höherer Gaben als der „guten fachlichen Praxis“ entsprechend zu bewerten, zeigt dagegen, dass nur bei Hg eine sichere Unterschreitung der Grenzfrachten zu verzeichnen ist, während Pb, Cd, Cr und Ni die Grenzfracht ausschöpfen und bei Zn, vor allem aber bei Cu deutliche Überschreitungen festzustellen sind.

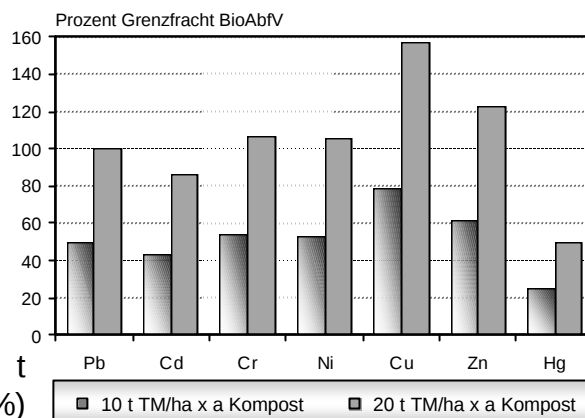
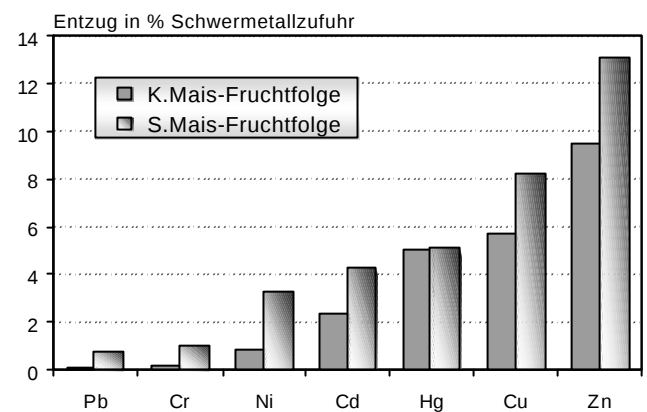


Abbildung 1: Jährliche Schwermetallfrachten der gestaffelten Kompostgaben in Relation zu Grenzfrachten lt. BioAbfV

Die Schwermetallgehalte der Ernteprodukte blieben bisher von der - absolut vergleichsweise niedrigen - Schwermetallzufuhr durch die Kompostgaben, auch der „Extremgaben“ von jährlich 20 t TM/ha - unbeeinflusst. Allerdings betrugen die minimalen Schwermetallentzüge der Ernteprodukte bei optimalen Erträgen - bezogen auf eine Kompostgabe von jährlich 10 t TM/ha - nur Bruchteile der Schwermetallzufuhr (vgl. Abbildung 2): weniger als 5 % der Schwermetallzufuhr bei Pb, Cr, Ni, Cd und Hg sowie 5 - 13 % der Zufuhr bei Cu und Zn, die als gleichzeitige Spurennährstoffe von den Pflanzen in höheren Anteilen aufgenommen werden. Dadurch verbleibt im Boden stets ein eindeutiger - wenn auch absolut niedriger - Positivsaldo an Schwermetallen. Bei höheren Kompostgaben, wie der „Extremgabe“ in den Versuchen von jährlich 20 t TM/ha, fällt die Relation zwischen Schwermetallentzügen und Schwermetallzufuhr noch ungünstiger aus.

Die Schwermetall-Gesamtgehalte des Bodens wurden bisher durch diesen jährlichen Positivsaldo noch nicht messbar angehoben, auch nicht bei den „Extremgaben“. Die mobilen, mit 1 M NH_4NO_3 -Lösung extrahierbaren Schwermetallgehalte des Bodens gingen bei Cd, Ni und Zn sogar mit steigender Kompostgabe zurück (vgl. Abbildung 3): bei 10 t TM/ha auf etwa 45 - 55 % und bei 20 t TM/ha auf etwa 25 - 35 % der Kontrolle ohne Kompostanwendung. Die mobilen Gehalte an Pb und Cr blieben unbeeinflusst. Bei Cu waren in der Tendenz geringe, im allgemeinen nichtsignifikante Anhebungen zu beobachten.

Abbildung 2: Schwermetallentzüge der Ernteprodukte in Relation zur Schwermetallzufuhr durch Kompostgaben von jährlich 10 t TM/ha



Diskussion

Der unvermeidliche Positivsaldo an Schwermetallen, der bei Kompostgaben nach „guter fachlicher Praxis“, d.h. jährlich maximal 10 t TM/ha, absolut vergleichsweise gering ausfällt, führte im bisherigen Versuchsverlauf noch zu keiner Anhebung der Gesamtgehalte im Boden, auch nicht bei erhöhten Kompostgaben von jährlich 20 t TM/ha („Extremgaben“), die nicht mehr der „guten fachlichen Praxis“ entsprechen.

Die Schwermetallgehalte der Ernteprodukte wurden bisher durch die regelmäßige Kompostzufuhr nicht beeinflusst. Ursache dafür ist bei Cd, Ni und Zn sicher auch die verminderte Verfügbarkeit im Boden (vgl. mobile Gehalte in Abb. 3), die auf die leichte Anhebung der pH-Werte durch Kalkanteile im Kompost und dadurch bedingt auf eine verstärkte Sorption dieser Schwermetalle im Boden zurückzuführen sein dürfte.

Eine Anhebung der Schwermetallgehalte des Bodens erfolgt, bedingt durch die absolut geringe Zufuhr mit den Kompostgaben, offenkundig in relativ langen Zeiträumen. Wenn auch dem anzustrebenden Ziel des Bodenschutzes, eine

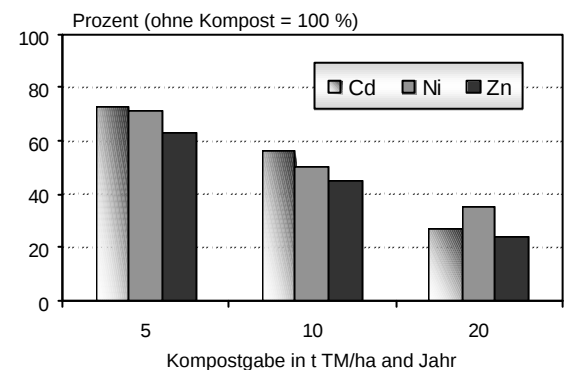


Abbildung 3: Mobile Gehalte des Bodens an Cd, Ni und Zn in Abhängigkeit von der Höhe der Kompostgabe

Zunahme der Schwermetallgehalte des Bodens auszuschließen, gegenwärtig noch nicht ausreichend entsprochen wird, ist das Risiko, durch Kompostgaben unerwünschte Schwermetallanreicherungen landwirtschaftlich genutzter Böden zu verursachen, als relativ gering und damit als beherrschbar einzustufen. Eine Kalkulation verdeutlicht diese Einschätzung (vgl. Abbildung 4):

Aus einer repräsentativen Übersichtsuntersuchung an gütegesicherten Komposten aus Baden-Württemberg (650 Kompostproben, Zeitraum 2000 und 2001, vgl. BGK, 2002) wurden die *Schwermetallfrachten*, bezogen auf eine jährliche Kompostgabe von 6 - 7 t TM/ha (entsprechend 20 t TM/ha im dreijährigen Turnus), für Komposte mit niedrigen (20. Perzentil), mittleren (50. Perzentil) und relativ hohen (80. Perzentil) Schwermetallgehalten errechnet. Daraus wurde die rechnerische *Anhebung der Schwermetallgehalte von Böden*, bezogen auf eine mittlere Bodenmenge der Ackerkrume von 3.000 t/ha ermittelt. Diese wiederum wurde in Relation zu einer minimalen, *analytisch gerade noch erfassbaren Gehaltsanhebung* gesetzt (vgl. Kasten in Abbildung 4 unten), um daraus die *Zeiträume für messbare Anhebungen der Schwermetallgehalte von Böden* zu bestimmen.

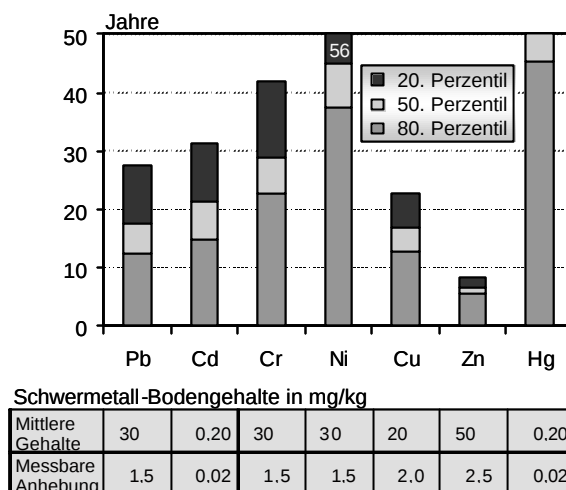


Abbildung 4: Zeiträume für messbare Anhebungen der Schwermetallgehalte von Böden
 Grundlage: Schwermetallfrachten des 20., 50. (Median) und 80. Perzentils gütegesicherter Komposte aus Baden-Württemberg
 Sonderfall Hg: 50. Perzentil - 69 Jahre, 20. Perzentil - 100 Jahre

Diese Schwellenbetrachtung erscheint sinnvoller als übliche „worst-case“-Betrachtungen, in denen - in der Regel - Zeiträume bis zur Erreichung von nicht zu überschreitenden Vorsorge- oder Grenzwerten der Böden errechnet werden. Sie ist auf Grund überschaubarer Zeiträume besser vorstellbar und auch praktikabler, um das mögliche Risiko einer Schwermetallbelastung von Böden zu verdeutlichen. Die „worst-case“-Szenarien umfassen dagegen meist mehrere hundert Jahre und sind deshalb schwer einzuschätzen. Sie sind zudem hinsichtlich ihrer Relevanz fragwürdig, weil davon ausgegangen werden kann, dass in solch langen Zeiträumen völlig andere Technologien der Abfallbewältigung erarbeitet werden, die heutige Problemdiskussionen der Kompostverwertung überflüssig machen werden.

Zur Schwellenbetrachtung: Abbildung 4 zeigt, dass bei Komposten mit mittleren Schwermetallgehalten (Median) etwa 15 - 30 Jahre vergehen, bis eine minimale Erhöhung der Bodengehalte an Pb, Cd, Cr und Cu analytisch erfassbar wird. Bei Ni und Hg liegen diese Zeiträume bei 40 - 70 Jahren, bei Zn allerdings nur bei 5 - 10 Jahren. Für Komposte mit niedrigen Schwermetallgehalten (20. Perzentil) liegen die Zeiträume - mit Ausnahme von Zn - durchweg über 20 Jahre, wobei minimale Anhebungen der Bodengehalte bei Ni und Zn erst im Zeitraum von etwa 60 - 100 Jahren zu verzeichnen wären. Im ungünstigen Fall, d.h. für Komposte mit relativ hohen Schwermetallanteilen (80. Perzentil), sind messbare Anhebungen der Bodengehalte der Schwermetalle Pb, Cd, Cr und Cu nach etwa 10 - 20 Jahren, bei Ni und Zn nach etwa 40 Jahren und bei Zn schon nach etwa 5 Jahren zu erwarten.

Abschließend ist festzustellen, dass bei Einsatz gütegesicherter Komposte in moderaten Gaben „nach guter fachlicher Praxis“, d.h. jährlich maximal 10 t TM/ha,

von den damit zugeführten Schwermetallfrachten keine unkalkulierbaren Gefahren ausgehen, weder für die Ernteprodukte (Lebensmittel) noch die Böden. Die Zeiträume bis zu einer minimalen, analytisch gerade erfassbaren Anhebung der Schwermetallgehalte im Boden fallen - mit Ausnahme von Zn -, selbst im ungünstigen Fall, d.h. bei Komposten mit erhöhten Schwermetallgehalten (80. Perzentil), mit mehr als 10 Jahren relativ lang aus. Plötzliche bedenkliche Anhebungen, die im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes nicht zu tolerieren wären, sind demnach praktisch ausgeschlossen. Durch eine regelmäßige Bodenanalyse in Abständen von etwa 10 Jahren kann zudem gewährleistet werden, dass Anhebungen der Bodengehalte rechtzeitig erfasst werden. Kürzere Zeiträume bei Zn sind angesichts des Doppelcharakters dieses Schwermetalls, das gleichzeitig als essenzieller Spurennährstoff - analog wie Cu - von den Pflanzen für eine optimale Ernährung benötigt wird, weniger bedenklich zu sehen. Auf Böden mit niedrigen Cu- und Zn-Gehalten sind die Zufuhren über Komposte, im Gegenteil, sogar erwünscht. Böden mit Schwermetallgehalten kurz unterhalb bzw. im Bereich der Vorsorgewerte sollten allerdings von der Kompostanwendung strikt ausgeschlossen werden, um im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes sicher zu gewährleisten, dass der Schwermetallstatus dieser Böden nicht verändert wird. Insgesamt ist das gegenwärtige Risiko unter diesen Bedingungen als nachrangig und beherrschbar einzuschätzen (vgl. auch AMLINGER, 2002).

Trotzdem muss das Ziel darin bestehen, die Schwermetallfracht von Komposten auf dem Wege einer Abwägungsbetrachtung in wirtschaftlich tragbaren Schritten weiter abzusenken, um dem Idealfall „Eintrag gleich Austrag“ zunehmend näher zu kommen und ihn im günstigen Fall zu erreichen. Diese Strategie entspricht einer praktikablen Kreislaufwirtschaft, die im Sinne der zunehmend notwendiger werdenden Ressourcenschonung, vor allem der mehrfachen Nutzung von Biomasse und der endlichen Phosphorreserven, künftig unabdingbar sein wird und gleichzeitig die Erfordernisse des nachhaltigen Bodenschutzes zunehmend besser erfüllt.

Literatur

AMLINGER, F.: Heavy metal thresholds in compost with a view to soil protection - what approach for the Community? Vortrag EU-Workshop "The biological treatment of biodegradable waste - Technical aspects". 08./10.04.2002, Brüssel.

ANONYM (2002): DBU-Verbundforschungsprojekt "Kompostverwertung in der Landwirtschaft". Zwischenbericht März 2002. Hrsg. LUFA Augustenberg. 38 S., 19 Abb., 4 Tab.

BGK (2002): Auswertung der Untersuchungsergebnisse von Komposten in der RAL-Gütesicherung Kompost (RAL-GZ 251) aus Baden-Württemberg. Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., W.-J.-von-der-Wetter-Str. 25, 51149 Köln. Unveröffentlichte Mitteilung.

TIMMERMANN, F., KLUGE, R., STAHR, K. und ZAUNER, G. (1999): Erarbeitung von Grundlagen für Anwendungsrichtlinien zur Verwertung geeigneter Rest- und Abfallstoffe im landwirtschaftlichen Pflanzenbau. Projekt Wasser Abfall Boden (PWAB) des Landes Baden-Württemberg (Forschungsvorhaben PW 95 171). Abschlußbericht LUFA Augustenberg, Karlsruhe, und Institut für Bodenkunde und Standortslehre der Universität Hohenheim, Stuttgart. 276 S., 54 Abb., 70 Tab., Anhang.

Ressourcenschutz und Qualitätssicherung in der Landwirtschaft - Auswirkungen auf Umwelt, Produktivität und Ökonomie

Qualitätssicherung der Landbaulichen Abfallverwertung (QLA – Einzelbetriebliche Anwendungskonzeption)

Severin, K., Birgit Apel, R. Assmann, R. Bartelt, G. Fuchs, K. Henning, R. Kluge¹

1. Geltungsbereich

Die Qualitätssicherung der Landbaulichen Abfallverwertung des VDLUFA (QLA) besteht aus drei Kategorien:

Kategorie 1: Kontrolle der Eingangsstoffe

Kategorie 2: Kontrolle der Ausgangsstoffe

Kategorie 3: Anwendung von Sekundärrohstoffdüngern und Bodenhilfsstoffen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen

Zur Kategorie 3 wird im Folgenden näher eingegangen.

Die speziellen Qualitäts- und Prüfbestimmungen gelten nur in Verbindung mit den allgemeinen und Qualitäts- und Prüfbestimmungen ausschließlich in Verbindung mit den Kategorien 1 und 2 (Kontrolle der Eingangsstoffe, Kontrolle der Endprodukte). Für die Anwendung von Sekundärrohstoffen und Bodenhilfsstoffen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen gelten zunächst alle abfall- und düngerechtlichen Bestimmungen.

Die Anwendungsempfehlung für Sekundärrohstoffdünger und Bodenhilfsstoffe erfolgt nach Qualität und Art gemäß der Qualitätseinstufung der Kategorie 2:

Qualitätsstufe Bronze:

Keine landbauliche Verwertung, Einsatz nur im Landschaftsbau.

Qualitätsstufe Silber:

Verwertung in der Landwirtschaft und im Gartenbau gemäß gesetzlichen Bestimmungen.

Qualitätsstufe Gold:

Verwertung im speziellen Pflanzenbau (u. a. Gemüseanbau, Ökolandbau, Erwerbsgartenbau, Substratherstellung).

2. Pflanzenbauliche Bewertung

Der pflanzenbauliche Nutzen in der landbaulichen Verwertung von Sekundärrohstoffdüngern und Bodenhilfsstoffen ist unter den Aspekten Düngewirkung und/oder Bodenverbesserung zu sehen.

Bei regelmäßigem Einsatz von Sekundärrohstoffdüngern zum Zwecke der Düngung gelten folgende Grundsätze:

Der Nährstoff- bzw. Düngebedarf der Kulturen und die fruchtfolgebezogene Nährstoffbilanz unter Berücksichtigung der Bodenversorgung bestimmen die maximale Höhe der Sekundärrohstoffdüngergabe.

¹ eMail: severin@lawikhan.de

Die Verwertung von Sekundärrohstoffdüngern kann gemäß der Düngeverordnung nur auf Böden mit nachgewiesenem Nährstoffbedarf (gleich Bodenversorgungsstufen der Klassen A – D des Rahmenschemas vom VDLUFA) erfolgen.

Wie in der Düngeverordnung, sind in der Fruchtfolgebezogenen Nährstoffbilanz grundsätzlich die Gesamtfrachten der einzelnen Nährstoffe anzurechnen. Die Verfügbarkeit der Nährstoffe ist bei der Bemessung der zulässigen Ausbringungsmengen zu berücksichtigen.

Beim Stickstoff darf die Gesamtzufuhr durch Sekundärrohstoffdünger, deren pflanzenverfügbarer Anteil am Gesamt-N-Gehalt im Anwendungsjahr unter 30 % liegt, im Mittel der Fruchtfolge 100 kg N/ha und Jahr nicht überschreiten.

Zur Bodenverbesserung bzw. Erosionsminderung sind einmalig hohe Aufwandmengen an Bodenhilfsstoffen aus geeigneten Abfallstoffen zulässig. Die Aufwandmenge darf dabei umgerechnet nicht 30 kg N, 20 kg P₂O₅, 30 kg K₂O oder 100 kg basisch wirksame Bestandteile (berechnet als CaO/ha und Jahr) überschreiten.

Mit der Qualitätssicherung der Anwendung von Sekundärrohstoffdüngern und Bodenhilfsstoffen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen wird auch eine ökologische Bewertung vorgenommen.

Aus Gründen der Vorsorge sollten sich die Schadstofffrachten mittel- und langfristig so weit als möglich an das Gleichgewicht Eintrag durch Düngung gleich Austrag durch Ernteprodukte und unvermeidbare Auswaschungsverluste annähern. Dadurch werden die regionalen und standortspezifischen Referenzwerte von Böden nicht signifikant erhöht.

3. Durchführung der Düngeberatung

Die schlagspezifische Düngeberatung bildet die Grundlage für die Zertifizierung eines landwirtschaftlichen Betriebes nach QLA (s. Tabelle 1 und Abbildung 1).

Die Düngeberatung setzt sich zusammen aus:

1. Vorabfragen

Für die Beratung zur Zertifizierung sind die in Tabelle 2 aufgeführten Informationen notwendig.

2. Ermittlung des Nährstoffbedarfes

Durch die Überprüfung oder Aufstellung eines Hoftervergleiches wird festgestellt, ob ein landwirtschaftlicher Betrieb einen Nährstoffbedarf hat, der mit Sekundärrohstoffdüngern abgedeckt werden kann.

Für die Kategorie 3 wird das in dem jeweiligen Bundesland gültige System angewandt.

3. Vorgehensweise bei der schlagspezifischen Düngebedarfsermittlung

Bei der Düngebedarfsermittlung werden grundsätzlich die Düngeempfehlungen der nach Landesrecht für die landwirtschaftliche Beratung zuständigen Behörden herangezogen. Dabei wird der Düngebedarf unter Berücksichtigung der aktuellen Nährstoffgehalte im Boden insgesamt für eine Fruchtfolge von 3 – 4 Jahren errechnet. Vom Gesamtdüngebedarf des Schlages werden die verfügbaren Nährstoffe aus Wirtschaftsdüngern und aus einer geplanten und auch als notwendig erachteten Mineraldüngermenge (z. B. Unterfußdüngung zu Mais) abgezogen.

Daraus ergibt sich ein Restdüngerbedarf, welcher mit einem zertifizierten Sekundärrohstoffdünger unter Berücksichtigung der Nährstoffverfügbarkeit und der oben genannten Auflagen abgedeckt werden kann (Abbildung 2).

4. Besondere Einschränkungen beim Einsatz von Sekundärrohstoffdüngern

Mit Sekundärrohstoffdüngern sollen maximal 100 kg N/ha und Jahr ausgebracht werden, sofern der Anteil an minerallöslichem Stickstoff am Gesamtstickstoffanteil 30

% untersteigt. Hiermit soll eine Stickstoffakkumulation im Boden vermieden werden. Ist darüber hinaus ein weiterer Stickstoffdüngedbedarf gegeben, so ist dieser durch Mineraldünger abzudecken.

Bei einer Bodenversorgung der Klasse A erfolgt aufgrund der unterschiedlichen P-Verfügbarkeit die P-Düngung maximal zu 50 % aus Sekundärrohstoffdüngern und der Rest in Form von wasserlöslichen Phosphatdüngern sowie bei der Klasse B maximal zu 75 % aus Sekundärrohstoffdüngern und der Rest in Form von wasserlöslichem Phosphatdünger.

Wegen möglicher Kaliumauswaschung sollen kaliumhaltige Sekundärrohstoffdünger auf leichten Böden und Mooren nur bis zur Höhe des Jahresbedarfes ausgebracht werden.

Der Gehalt an basisch wirksamen Bestandteilen ist auf den Kalkbedarf anzurechnen.

4. Vorsorgeberatung

4.1 Schwermetalle

Die Vorsorgeberatung wird grundsätzlich für die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Nickel und Quecksilber durchgeführt.

Kupfer und Zink werden im Sinne der guten fachlichen Praxis und unter Berücksichtigung gesetzlicher Höchstwerte als Spurennährstoffe behandelt.

Nur wenn die Kupfer- und Zinkgesamtzufuhr den notwendigen Pflanzenbedarf übersteigt, wird eine Vorsorgeberatung für diese Elemente vorgenommen.

Eine Ausbringung von Sekundärrohstoffdüngern soll grundsätzlich nur auf solchen Flächen empfohlen werden, deren Schwermetallgehalte im Bereich der Referenz bzw. Hintergrundwerte liegen.

4.2 Weitere Schadstoffe

Eine Beratung bezüglich des Risikos einer Anreicherung mit organischen Schadstoffen sowie zu Phytopathogenen wird nach dem Stand des Wissens vorgenommen.

4.3 Bodenverbesserung, Erosion, Wasserschutz

In der Beratung wird auf bodenverbessernde Wirkungen wie z. B. Erhaltung des standorttypischen Humusgehaltes, Erhöhung der Wasserkapazität und Erhaltung der Bodenstruktur hingewiesen.

Zum Erosionsschutz können z. B. Komposte eingesetzt werden.

Eine Beratung erfolgt nach den konkretisierten Grundsätzen und Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis der Bodennutzung.

Der Einsatz von Sekundärrohstoffdüngern und Bodenhilfsstoffen in Wasserschutzgebieten unterliegt den örtlichen Schutzgebietsverordnungen bzw. muss im Einzelfall geprüft werden.

5. Applikationstechnik und Zeitpunkt

Die Technik zur Ausbringung der flüssigen oder festen Stoffe muss neben den ackerbaulichen auch umweltschonenden Anforderungen gerecht werden. Dazu ist es erforderlich, dass die Verteilung unter Beachtung der zulässigen Ausbringzeit und der Befahrbarkeit (Bodenschutz) gleichmäßig auf der Fläche erfolgt.

Nach Möglichkeit sollten N-haltige, flüssige Sekundärrohstoffdünger (Biogasabfälle) in den Boden eingebracht werden mit Hilfe von Injektoren.

Kompost und andere streufähige Materialien sind möglichst mit Breitstreuverteilern auszubringen.

Die Verteilqualität wird durch den Variationskoeffizienten charakterisiert; für flüssige dürfen 25 % und für feste Stoffe 30 % nicht überschritten werden.

6. Dokumentation

Die Dokumentation umfasst:

1. Betriebsbezogene Dokumentation
Hoftervergleiche werden für einen Zeitraum von drei Jahren erstellt.
2. Flächenbezogene Dokumentation
Der Flächenbezug wird durch einen mengen- und flächenbezogenen Anwendungsnachweis nach landesspezifischem Datenbanksystem hergestellt und mit einem Lieferschein für die Fläche dokumentiert.
Die flächenbezogene Dokumentation beinhaltet:
Flächenbezug
Bodenuntersuchung (Nähr-/Schadstoffe)
Bewirtschaftung
Applikationszeitpunkt und -menge
Applikationstechnik
Einarbeitung (Gerät/Datum)

7. Fazit

Die Qualitätssicherung der Landbaulichen Abfallverwertung (QLA) mit den 3 Kategorien Input-Kontrolle, Produktkontrolle und einzelbetriebliche Anwendungskonzeption erfüllt die Anforderungen an ein nachhaltiges Zertifizierungssystem und stellt die von Politik und Gesellschaft geforderte Sicherheit und Transparenz bei der Verwertung von Sekundärrohstoffdüngern, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten sicher.

Anschriften der Verfasser:

Dr. K. Landwirtschaftskammer Hannover, Johannssenstraße 10, 30159
Severin, Hannover
Frau Birgit Landwirtschaftskammer Rheinland, Eendenicher Allee 60, 53115 Bonn
Apel,
Dr. R. Verband der Landwirtschaftskammern, Godesberger Allee 142 – 148,
Assmann, 53175 Bonn
Herr R. Landwirtschaftskammer Weser-Ems, Mars-la-Tour-Straße 1 – 13,
Bartelt, 26121 Oldenburg
Herr G. Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Nevinghoff 40, 48147
Fuchs, Münster
Dr. K. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Holstenstraße 106 – 108,
Henning, 24103 Kiel
Dr. R. Kluge, LUFA Augustenberg, Neßler Straße 23, 76227 Karlsruhe

Tabelle 1: Spezielle Prüfkriterien für Kategorie 3

Nr.	Kriterium	Methode
1	Hoftervergleich	länderspezifisch
2	Düngebedarfsermittlung	länderspezifisch mit Bodenuntersuchungen auf Nährstoffgehalte
3	Vorsorgeberatung	Schadstoffe, Hygiene, Vermeidung von Erosion gemäß § 17 BBodschG, Wasserschutz (Grundwasserschutz)
4	Dokumentation	landesspezifisches Datenbanksystem für den mengen- und flächenbezogenen Anwendungsnachweis; Lieferschein; GIS
5	Anwendung	gemäß der Qualitätseinstufung der Kategorie 2

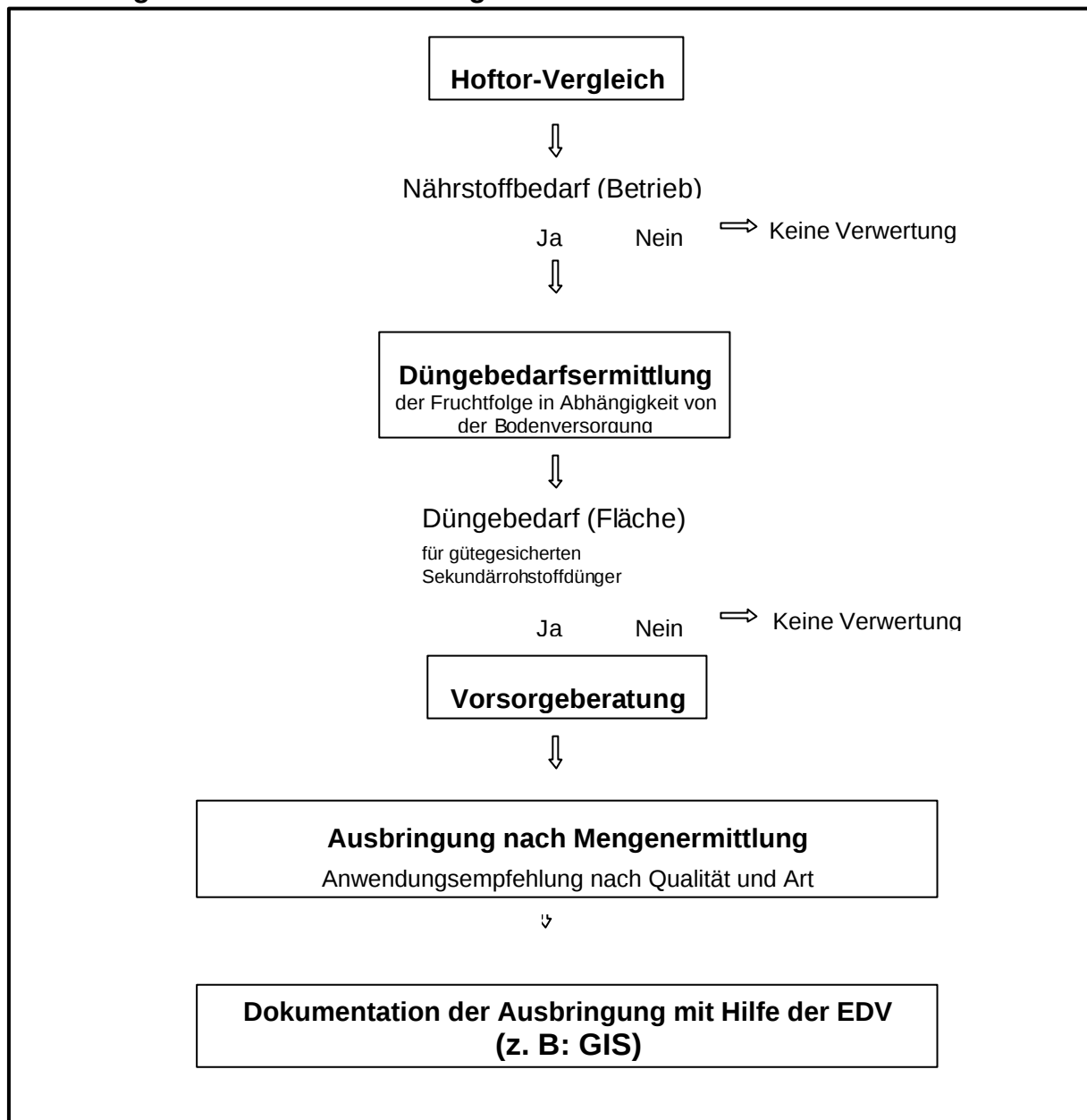
Abbildung 1: Ablaufschema Kategorie 3

Tabelle 2: QLA – Kategorie 3, erforderliche Informationen

Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	
Ausgangsstoff	Endprodukt	Betrieb	Fläche
· Herkunft · Vorbehandlung · Schadstoffgehalte	Materialeigenschaften auf der Grundlage der QLA-Prüfberichte und der düngerechtlichen Deklaration: · Ausgangsstoffe · Behandlungsart · Nährstoffgehalte · Schadstoffgehalte · organische Substanz · Phytohygiene · Seuchenhygiene	· Hoftor-Vergleich	· Versorgungsstufe · pH-Wert · Schadstoffgehalte · Anbau · Einsatz von Wirtschaftsdüngern · Erforderlicher Mineraldüngerbedarf (z. B. Unterfußdüngung) · Gewässerschutz · Erosionsschutz · Restriktionen (z. B. Verpachtung und Vermarktung)



LUFA Hameln
Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt
Finkenborner Weg 1A, 31787 Hameln, Fon: 05151/9871-0, Fax: 05151/9871-11

Hameln, 29. August 2002
Labornummer: 333

Düngeplanung für Mustermann
Schlagbezeichnung: Mustergültig

Aufgrund der von Ihnen gemachten Angaben, sowie der Analyseergebnisse, haben wir folgende Dünausamfehlung für Sie erstellt:

	Vorjahr 2001	1. Erntejahr 2002	2. Erntejahr 2003	3. Erntejahr 2004	4. Erntejahr 2005
Hauptfrucht:	Wintererste	Zuckerrüben	Winterweizen	Winterweizen	Keine Annähe
Ernteertrag:		500 dt/ha	70 dt/ha	70 dt/ha	
Ernterückstände abgefahren?	Nein	Nein	Nein	Nein	
1. Organischer Dünger, Menge/ha:		Kompost 35 m ³ , t			
2. Organischer Dünger, Menge/ha:					
Düngeplanung in kg/ha:		P₂O₅ K₂O MgO	P₂O₅ K₂O MgO	P₂O₅ K₂O MgO	P₂O₅ K₂O MgO
Bruttopbedarf:		80 390 80	70 170 40	70 170 40	
Ernterückstände:		15 85 10	40 210 30	15 85 10	15 85 10
organische Dünger:		147 221 102			
Restdüngbedarf:		-82 85 -32	30 -40 10	55 85 30	-15 -85 -10

* Bei den organischen Düngern wurden die von Ihnen gemachten Angaben zu den Inhaltsstoffen bzw. Standardwerte berücksichtigt.

Die LUFA ermittelte folgende Analysenwerte

Bodenart: SL	P	K	Mg
	mg/200g Klasse	mg/200g Klasse	mg/200g Klasse
pH-Wert: 5,8	7 C	10 C	6 C

Restdüngbedarf der Fruchtfolge:

P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
3 kg/ha	130 kg/ha	9 kg/ha	-5 dt/ha

Abbildung 2: Düngebedarfsermittlung für einen Betrieb (Beispiel)

Analyse und Bewertung von Stoffflüssen in landwirtschaftlichen Betrieben mit dem Modell REPRO

Hülsbergen, Kurt-Jürgen (Halle/Saale)¹; Abraham, Jens; Christen, Olaf

1. Einleitung

In den vergangenen Jahren wurden verschiedene Verfahren zur Bewertung von Umweltwirkungen der Landwirtschaft für den Einsatz auf der Betriebsebene entwickelt. Hierzu zählen in der Bundesrepublik Deutschland das KUL-Verfahren (Kritische Umweltbelastungen Landwirtschaft; ECKERT et al. 1999) und das PC-Programm REPRO (HÜLSBERGEN et al. 2000), in Großbritannien das Umweltmanagementsystem EMA (Environmental Management for Agriculture; LEWIS & BARDON 1998), in den USA das auf Simulationsmodellen gestützte Verfahren ESI (Environmental Sustainability Index; SANDS & PODMORE 2000), in Frankreich ein auf Agrar-Umweltindikatoren basierendes Verfahren von GIRARDIN et al. (1996) und BOCKSTALLER et al. (1997). Trotz deutlicher methodischer Unterschiede stimmen diese Verfahren darin überein, dass der Stoff- und Energiehaushalt die wichtigsten Kriterienkomplexe darstellen. Insbesondere der Nährstoffkreislauf ist ein Schlüsselprozess zur Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Bewirtschaftungssystemen (BOSSHARD 2000). Dies liegt nicht nur in der Umweltrelevanz begründet, sondern darin, dass betriebliche Nährstoffflüsse gut modellierbar sind. Zusammenhänge zwischen der Bewirtschaftung und dem Stoffkreislauf können mit Bilanzierungs- oder Simulationsverfahren beschrieben sowie anhand von Indikatoren und Zielwerten quantitativ bewertet werden.

REPRO ist ein modular aufgebautes PC-Programm zur Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebssysteme. Bei der Anwendung des Programms besteht der erste Bearbeitungsschritt darin, die landwirtschaftlichen Produktionsprozesse detailliert zu erfassen und zu dokumentieren. Daran schließen sich die Analyse des Stoff- und Energiehaushaltes sowie weiterer Umweltbereiche (Erosion, Bodengefüge, Biodiversität...) an. Die Bewertung erfolgt mit regional differenzierten Indikatoren und Zielwerten.

Mit dem PC-Programm werden dem Nutzer die für ökologische Bewertungen notwendigen Parameter und Indikatoren bereitgestellt, wodurch der Bearbeitungsaufwand deutlich reduziert wird. Der Anwender kann nachvollziehen, wie ein Bewertungsergebnis zustande kommt und wo sich Ansatzpunkte bieten, die ökologische Situation zu verbessern. Zusätzlich können ökonomische Effekte kalkuliert werden, die bei einer Anpassung des Betriebssystems zu erwarten sind. Damit ist REPRO eine geeignete Basis für ein Umweltmanagementsystem (SCHRÖDTER et al. 2002). Über Schnittstellen zu Ackerschlagkarteien, zu GIS und GPS können rationell Daten ausgetauscht werden.

Eine Besonderheit des Modells REPRO besteht darin, dass nicht nur die In- und Outputs über die Betriebsgrenze hinaus, sondern auch die innerbetrieblichen Stoff- und Energieflüsse im System Boden – Pflanze – Tier beschrieben werden (Abb. 3).

In mehreren Publikationen wurden bereits die dem Modell zugrunde liegenden Methoden für die Energiebilanzierung (HÜLSBERGEN et al. 2001, 2002) und die Humusbilanzierung (LEITHOLD et al. 1997, LEITHOLD & HÜLSBERGEN 1998) sowie ihre

Ableitung und Validierung beschrieben. Der vorliegende Beitrag behandelt die zur Analyse und Bewertung betrieblicher Stickstoffflüsse verwendeten Methoden.

¹ eMail: huelsbergen@landw.uni-halle.de

2. Modellansatz zur Analyse und Bewertung des betrieblichen Stickstoffhaushaltes

Zur Untersuchung des Stickstoffhaushaltes werden im Modell REPRO verschiedene Methoden kombiniert (Tab. 1). Darüber hinaus existiert eine Schnittstelle zu dem C/N-Simulationsmodell CANDY (FRANKO et al. 1995, HÜLSBERGEN 2002). Sie ermöglicht zeitlich hochauflösende N-Simulationen. Auf die in Tab. 1 hervorgehobenen Methoden wird näher eingegangen.

N-Bilanzierung im Pflanzenbau

Im Pflanzenbau erfolgen sämtliche Analysen - auch die N-Bilanzierung - schlag-/teilschlagbezogen, um Belastungspotentiale flächenscharf zu ermitteln. Bei der Beschreibung des N-Umsatzes im Boden und der Ermittlung potentieller N-Verluste müssen Bewirtschaftungs- und Standortdaten in Beziehung gesetzt werden. Die Produktionsverfahren sind auf den Schlag bzw. die angebaute Fruchtart ausgerichtet. Die notwendigen Bewirtschaftungsdaten werden aus der Ackerschlagkartei übernommen; die benötigten Standortdaten werden ebenfalls schlaggenau bereitgestellt (ABRAHAM et al. 2002). Nur bei schlagbezogener Auflösung sind innerbetriebliche Schwachstellen aufzudecken und konkrete Lösungsansätze abzuleiten.

Tab. 1: In REPRO integrierte Methoden zur Analyse und Bewertung des Stickstoffhaushaltes

Methode	Systemebene		Datenbedarf
	räumlich	zeitlich	
I Vergleich von Messwerten ($N_{\min}$, N_{ord}) mit Zielwerten	Teilschlag	maximal 12 Termine je Jahr	Messwerte Probenahmeterminen
II N-Bilanzierung im System Boden - Pflanze - Tier	Teilschlag* Tierhaltung** Betrieb	Jahr (langjährige Bilanzierung möglich)	Bewirtschaftungsdaten (N-Messwerte optional)
III Bilanzierung des N-Umsatzes im Boden und der N-Verluste	Teilschlag*	Jahr (langjährige Bilanzierung möglich)	Bewirtschaftungsdaten Bodendaten Wetterdaten
IV N-Simulation, Kopplung mit dem C/N-Simulationsmodell CANDY	Teilschlag* (punktuelle Aussagen)	Tag (langjährige Simulation möglich)	Bewirtschaftungsdaten Bodendaten Wetterdaten
V Normalisierungstechnik Bewertung der Ergebnisse mit Bewertungsfunktionen	Schlag Betrieb	jahresbezogene oder mehrjährige Bewertung	regional angepasste Zielwerte und Bewertungsfunktionen

* Datenaggregation nach Fruchtfolgen, Fruchtarten, Ackerland, Grünland, Betrieb möglich

** Die N-Bilanzierung der Tierhaltung erfolgt getrennt nach Stall und Weide, differenziert nach Tierarten und Produktionsrichtungen

Mit dem Modell REPRO wird im einfachsten Fall eine N-Bilanz berechnet, die den Anforderungen der Düngeverordnung genügt und auf abgestimmten Bilanzkoeffizienten basiert.

Im erweiterten Berechnungsmodus hingegen werden auch Bilanzglieder einbezogen, die in „vereinfachten“ N-Bilanzen fehlen, z.B. die N-Immissionen (Abb. 3). Durch die Kopplung mit der Humusbilanz wird die Netto-Mineralisation/-Immobilisation berücksichtigt, um die potentiellen N-Verluste genauer zu erfassen. Die Unterstellung eines N-Fließgleichgewichts im Boden entspricht zumeist nicht der Realität, wodurch erhebliche Berechnungsfehler entstehen können (BIERMANN 1995).

Der flächenbezogene Saldo der N-Bilanz umfasst das Gesamt-Verlustpotential reaktiver N-Verbindungen (NO_3^- , NH_4^+ , N_2O , NH_3), ohne dass die Art der N-Verluste und der Verlustpfad anzugeben sind.

Bilanzierung des N-Umsatzes im Boden

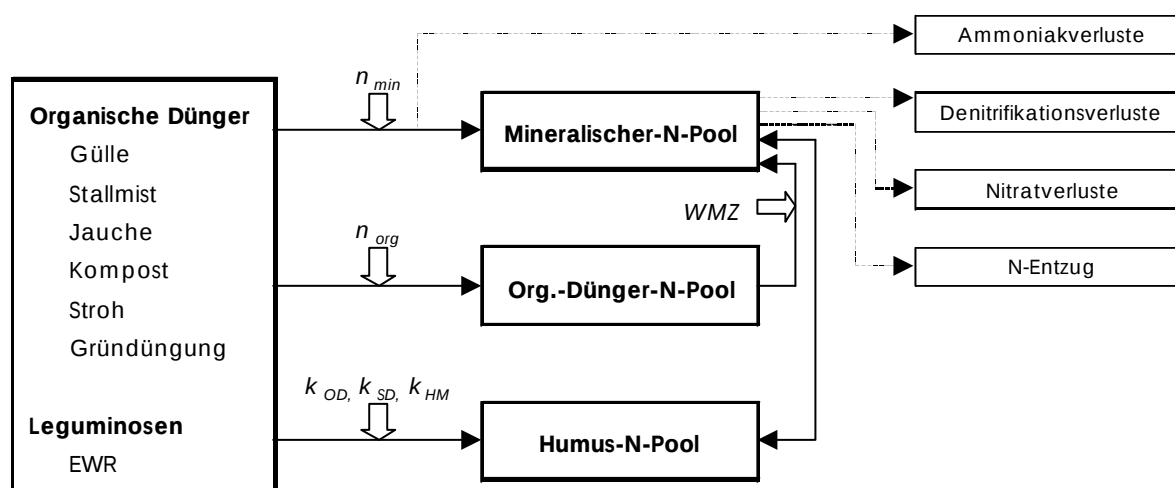
Die Beschreibung der N-Mineralisierung/-Immobilisierung im Boden ist eine Voraussetzung für die realistische Abschätzung von N-Verlusten. Im REPRO-Modul „N-Umsatz“ (ABRAHAM 2001) wird von drei N-Pools ausgegangen (Abb. 1), die aus der mineralischen und organischen Düngung sowie dem Stickstoff der Ernte- und Wurzelrückstände gespeist werden:

In den „*Mineralischen-N-Pool*“ gehen die in den Düngern enthaltenen Anteile löslichen (mineralischen) N direkt ein.

Der zugeführte organisch gebundene N verbleibt im „*Org.-Dünger-N-Pool*“ und wird in Abhängigkeit von den Standortbedingungen zeitlich differenziert mineralisiert. Der freigesetzte N fließt in den „*Mineralischen-N-Pool*“.

Im „*Humus-N-Pool*“ ist die N-Menge enthalten, die langfristig in der organischen Bodensubstanz gespeichert wird (Kopplung mit der Humusbilanz). Beim Umsatz von Substraten mit weitem C/N-Verhältnis (Stroh) wird zeitweilig mehr N gebunden als zugeführt; die entsprechende N-Menge stammt aus dem „*Mineralischen-N-Pool*“.

In die Abschätzung des Umsatzes organischen Stickstoffs geht die standortbezogene Größe „*wirksame Mineralisierungszeit*“ (WMZ) nach FRANKO et al. (1995) ein. Die WMZ ist vom Feinanteil, der mittleren Lufttemperatur und dem Jahresniederschlag abhängig. Im Ausbringungsjahr hängt die N-Freisetzung vom Applikationstermin ab. Es wird berechnet, welcher prozentuale Anteil der standort-typischen WMZ im aktuellen Jahr auf den ausgebrachten Dünger bzw. auf die



Leguminosen-EWR einwirkt.

n_{min} = Gehalt an mineralischem N, n_{org} = Gehalt an organisch gebundenem N

k_{OD} , k_{SD} , k_{HM} = Humusbilanzkoeffizienten

Abb. 1: N-Pools und N-Flüsse im REPRO-Modul „N-Umsatz“

Alle N-Pools sind zwischen den Jahren gekoppelt, so dass im aktuellen Jahr verbliebene Restmengen in das Folgejahr transferiert werden. Bei der Analyse aufeinanderfolgender Jahre wird kenntlich, wie sich allmählich die N-Pools aufbauen und das System schließlich auf einem mittleren Niveau einschwingt. Um auch die Anfangsjahre exakt abzubilden, sind Startwerte zu setzen.

Die Abschätzung der Denitrifikationsverluste erfolgt in Anlehnung an ein Verfahren von HERMSMEYER & VAN DER PLOEG (1996). Dabei wird nach einer Punktbewertung zunächst eine für den Standort spezifische maximale Denitrifikation ausgewiesen. Als Einflussfaktoren finden der Humusgehalt, die Bodenart, die Trockenrohdichte, die Feld- und Luftkapazität und der pH-Wert Berücksichtigung. Die aktuelle Denitrifikation wird nach KÖHNE & WENDLAND (1992) berechnet.

Voraussetzung für die Berechnung der Nitratkonzentration des Sickerwassers ist die Kenntnis der Sickerwasserrate und des von der Austauschhäufigkeit abgeleiteten Auswaschungsfaktors. Die Berechnung der Sickerwasserrate erfolgt nach einer für Landnutzungsformen differenzierten Methode (RENGER & STREBEL 1980, RENGER et al. 1990), die auch in anderen Verfahren (DVWK 1996, FELDWISCH et al. 1998) verwendet wird. Die potentielle Evapotranspiration wird auf der Grundlage meteorologischer Daten nach WENDLING (1993) berechnet.

N-Bilanzierung in der Tierhaltung

Eine indirekte Ermittlung der N-Ausscheidungen und der anfallenden Wirtschaftsdünger kann mit Bilanzrechnungen und Regressionsfunktionen erfolgen (KIRCHGESSNER et al. 1990, ANGER & KÜHBAUCH 1999); beide Ansätze sind in das Modell REPRO integriert (HÜLSBERGEN & DIEPENBROCK 1997). Zur Berechnung des Anfalls organischer Dünger müssen die N-Verluste, die im Stall sowie bei der Rotte- und Lagerung entstehen, ermittelt werden. Im Modell erfasste Einflussfaktoren sind u.a.: die Tierart, der Weidegang, das Haltungssystem, die Lagerungsart, -dauer, -bedingungen (z.B. Homogenisierung, Belüftung, Zwischenlager am Feld). Je nach Definition dieser Bedingungen erfolgt die Zuordnung von Verlustkoeffizienten. Bei Festmistsystemen wird darüber hinaus der Einstreueinsatz bilanziert und das Jaucheaufkommen kalkuliert.

Im Modell REPRO wird der betriebliche Stickstoffkreislauf, der sämtliche Subsysteme einschließt, geschlossen dargestellt (Abb. 3). Bei innerbetrieblichen N-Flüssen stellen Outputs eines Kompartiments die Inputs eines anderen dar. Damit sind Manipulationen im Sinne des „Schönrechnens“ von Bilanzen nahezu ausgeschlossen. Auf diese Weise werden Plausibilitätskontrollen möglich - z.B. ist zu überprüfen, ob die in der Tierhaltung anfallende N-Menge der Wirtschaftsdünger mit dem Düngereinsatz übereinstimmt. Durch den Abgleich der Stoffflüsse können in sich schlüssige Betriebsvarianten konstruiert werden - eine Voraussetzung, um alternative Lösungsansätze zur Minderung von Stickstoffüberschüssen zu prüfen.

Bewertung flächenbezogener N-Salden, Normalisierungstechnik

Eine Gesamtbewertung von Betriebssystemen setzt voraus, dass die auf unterschiedliche Art ermittelten und in verschiedenen Maßeinheiten angegebenen Indikatoren vergleichend betrachtet werden. Um die verschiedenen Kennzahlen zusammenfassen zu können, werden sie zunächst in eine einheitliche Skala überführt. Im PC-Programm REPRO werden hierzu Bewertungsfunktionen verwendet (Abb. 2), die nach Standort und Bewirtschaftungsbedingungen differenziert werden können. Dabei bedeutet 0 die ungünstigste Situation (nicht nachhaltig), 1 die günstigste Situation (nachhaltige Bewirtschaftung). Das Prinzip wird am Beispiel des Indikators „flächenbezogener N-Saldo“ verdeutlicht (Abb. 2).

Begründung der Bewertungsfunktion

Zunächst wird ein Optimalbereich definiert (0 bis 50 kg N ha⁻¹ a⁻¹), in der Annahme, dass N-Verluste nie vollständig zu vermeiden sind, bis zu einer Höhe von 50 kg N ha⁻¹ a⁻¹ aber keine gravierenden ökologischen Schäden hervorrufen. Dieser Bereich ist gegebenenfalls nach Standorten zu differenzieren, z.B. nach deren Nitrataustragsgefährdung oder der Schutzbedürftigkeit der Flächen.

Im zweiten Schritt wird unterstellt, dass sowohl mit Über- als auch Unterschreiten des optimalen Bereiches eine nicht nachhaltige Bewirtschaftung eintritt. Bei langjährig negativen N-Salden ist eine Abreicherung der Boden-N-Vorräte zu erwarten, was letztlich zur Verminderung der Ertragsfähigkeit der Böden führt. Mit steigenden N-Salden erhöht sich die Gefahr der Verluste an reaktiven N-Verbindungen. Bei der Festlegung der noch tolerierbaren N-Verluste sind gleichermaßen die Umweltwirkungen (kritische Eintragsraten und -frachten), die ökonomischen Effekte (Ertrags- und Gewinnänderungen) sowie die Umsetzbarkeit (Ausgangssituation der Betriebe, N-Einsparpotential) zu beachten.

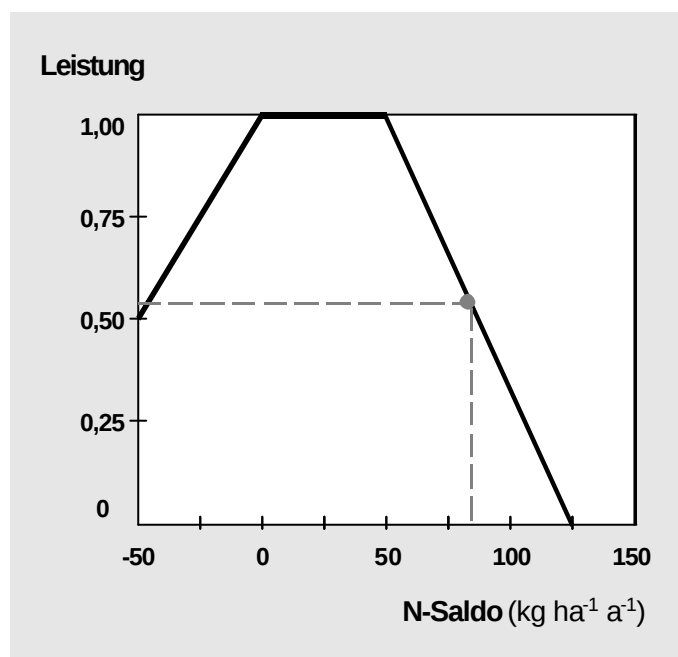


Abb. 2: Bewertung des Indikators N-Saldo

Tab. 2: Begründung der Zielwertbereiche

Bereich	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	Begründung
N-Mangel	-50 – 0	Abnahme Boden-N und Ertragspotential
Optimalbereich	0 – 50	unvermeidbare N-Verluste
N-Überschuss	50 – 125	erhöhte N-Verluste
	> 125	überhöhte N-Verluste
Ausschlusskriterium	> 150	nicht tolerierbare N-Verluste

Thematische Karten

Wird in einem Betrieb eine Schwachstelle identifiziert, zeigt z.B. der Indikator N-Saldo einen zu hohen Wert an, so ergibt sich die Frage: Wie und mit welchen Maßnahmen ist diese Situation zu überwinden? Um die Ursachen aufzudecken und Lösungen abzuleiten, sind schlagbezogene Informationen erforderlich. Eine gute Unterstützung bieten dem Landwirt thematische Betriebskarten. Diese Karten sind jahresbezogen oder im Mittel mehrerer Jahre zu erstellen. Es wird im Detail nachvollziehbar, welche Fläche wann hohe oder niedrige Erträge und N-Entzüge aufwies, wie die Gülle innerbetrieblich verteilt wurde, wo hohe N-Salden oder Nitratausträge auftraten.

3. Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgende Beispiele aus der Praxis sollen den methodischen Ansatz näherbringen und verdeutlichen, welche Aussagen mit dem Modell REPRO zu treffen sind. Es ist ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass die ausgewählten Betriebe nicht repräsentativ für eine Region oder Bewirtschaftungsform sind.

Beim ersten Beispiel (Abb. 3) handelt es sich um einen im mitteldeutschen Lössgebiet gelegenen Betrieb des ökologischen Landbaus mit einem Tierbesatz von $0,25 \text{ GV ha}^{-1}$ und relativ einseitiger Struktur (geringe Fruchtartendiversität, hohe Getreidekonzentration). Gemessen am Ertragspotential des Standortes sind die Erträge und Leistungen nur unterdurchschnittlich. Das Betriebssystem ist in Bezug auf den Stickstoff nahezu autark und zudem durch einen geringen Nährstoffumsatz gekennzeichnet. Die N-Zufuhren mit Zukaufprodukten sind praktisch zu vernachlässigen; auch das gesamte Futter wird im Betrieb produziert. Die symbiontische N_2 -Fixierung ($\text{ca. } 20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) erreicht einen für ökologische Anbausysteme niedrigen Wert. Weil der Betrieb einseitig auf die pflanzliche Produktion ausgerichtet ist, werden beträchtliche N-Mengen mit den Produkten exportiert. Der begrenzte Nährstoffrückfluss über die Tierhaltung kann für einen Öko-Betrieb problematisch sein. Dies betrifft nicht nur den Stickstoff: Die hier nicht dargestellte Humus-, P- und K-Bilanzierung ergab übereinstimmend negative Salden.

Unter Berücksichtigung standorttypischer NImmissionen ($45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) beträgt der N-Saldo $\text{ca. } 20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$; schlagbezogen treten auch negative N-Salden auf. Die Ergebnisse der N-Bilanzierung und der Berechnung der potentiellen Nitratkonzentration des Sickerwassers stimmen sehr gut überein. Nach beiden Bewertungsansätzen wird ein geringes N-Verlustpotential ermittelt. Unter Berücksichtigung der berechneten Sickerwasserraten ($50 \text{ bis } 150 \text{ mm a}^{-1}$) ist mit Nitratgehalten unter 25 mg l^{-1} zu rechnen.

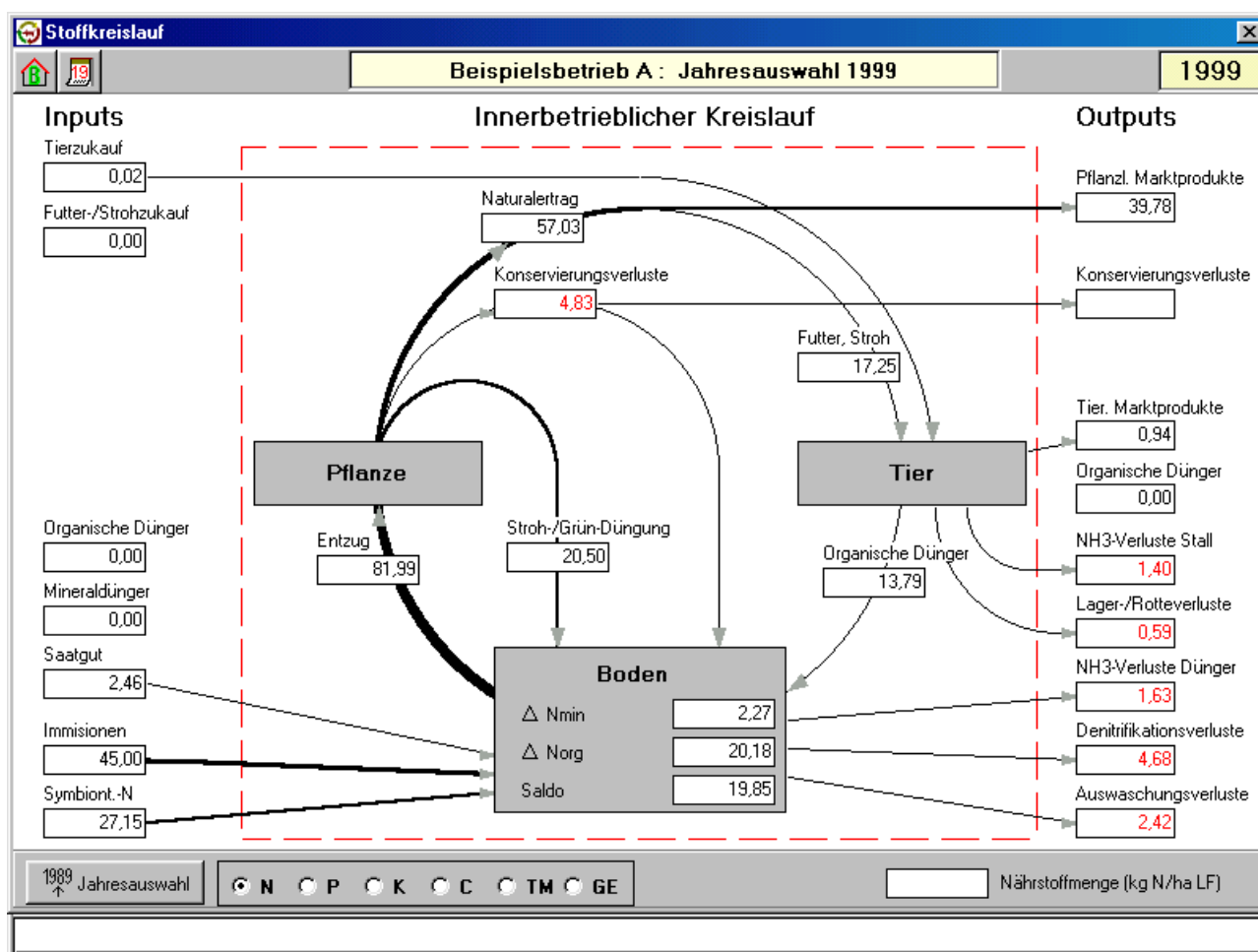


Abb. 3: Stickstoffkreislauf in einem ökologisch wirtschaftenden Betrieb
(REPRO-Bildschirmanzeige)

Gänzlich anders stellt sich die Situation im zweiten Beispielsbetrieb dar - hier findet ein sehr intensiver N-Umsatz statt. Der Betrieb hat sich auf die tierische Veredlung spezialisiert ($2,66 \text{ GV ha}^{-1}$). Bemerkenswert sind die extrem hohen N-Inputs mit dem Futterzukauf. Trotz überdurchschnittlich hoher Erträge und N-Entzüge wird ein überhöhter flächenbezogener N-Saldo ausgewiesen. Für den Betrieb lässt sich folgende Strategie zur Verminderung der N-Überschüsse ableiten: Langfristig ist eine Anpassung des Tierbestandes erforderlich. Kurzfristig ist eine Optimierung des Fütterungsregimes anzustreben (derzeit bestehen Proteinüberschüsse). Des weiteren muss der Mineral-N-Einsatz stärker dem Wirtschaftsdüngeranfall angepasst werden. Ein Gülleexport in benachbarte Betriebe könnte theoretisch für Entlastung sorgen. In der Realität ist dies aber nicht umsetzbar, da alle umliegenden Höfe ähnliche Gülleüberschüsse aufweisen. Eine Optimierung der Verfahrensgestaltung sollte die Veränderung der Betriebsstruktur flankieren; allein mit produktionstechnischen Innovationen ist aber keine hinreichende Verminderung der N-Verluste realisierbar.

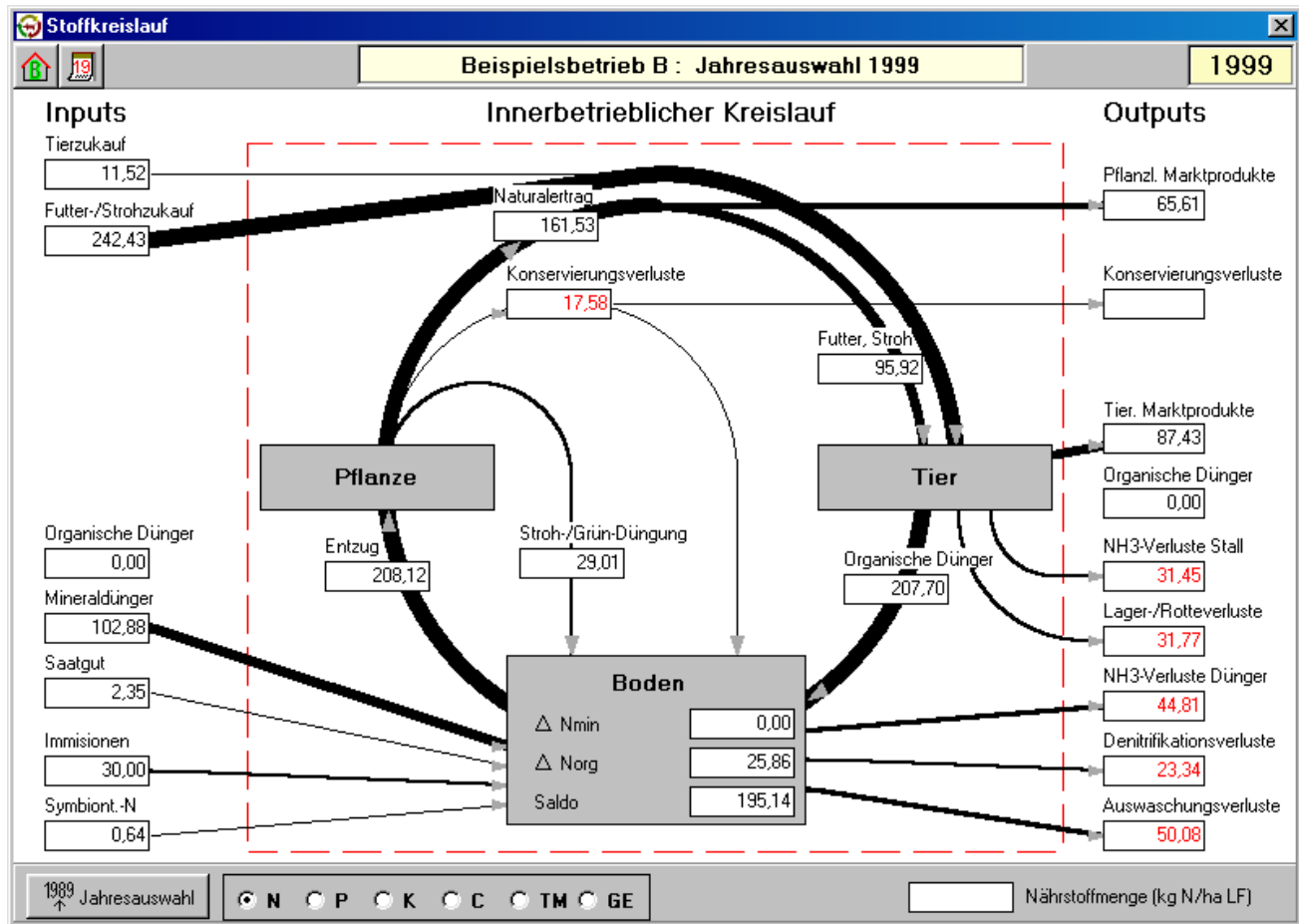


Abb. 4: Stickstoffkreislauf in einem konventionell wirtschaftenden Betrieb
(REPRO-Bildschirmanzeige)

Da das PC-Programm REPRO unter differenzierten Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen zur Anwendung kam, stehen Daten für Betriebsvergleiche zur Verfügung (Abb. 5). Dies ermöglicht eine bessere Einordnung der Untersuchungsergebnisse als der alleinige Vergleich mit Zielwerten.

Dem ökologischen Landbau ist ein geringes N-Verlustpotential zu bescheinigen. In keinem der bisher untersuchten ökologisch wirtschaftenden Betriebe kam es zur Überschreitung der Zielwerte des N-Saldo (Beispiele in Abb. 5).

Auch im integrierten Landbau ist es möglich, die N-Salden auf unter $50 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ zu begrenzen. Übersteigt der Tierbesatz deutlich 1 GV ha^{-1} , wird es aber zunehmend schwierig, diesen Zielwert einzuhalten. In die Untersuchungen waren auch Betriebe mit hohem Tierbesatz einbezogen ($> 2 \text{ GV ha}^{-1}$), für die nicht tolerierbare N-Salden bis $> 200 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ermittelt wurden (Abb. 4 und 5). Der enge Zusammenhang zwischen Tierbesatz und N-Saldo ist in vielen Untersuchungen belegt (HÜLSBERGEN et al. 1997, DALGAARD et al. 1998).

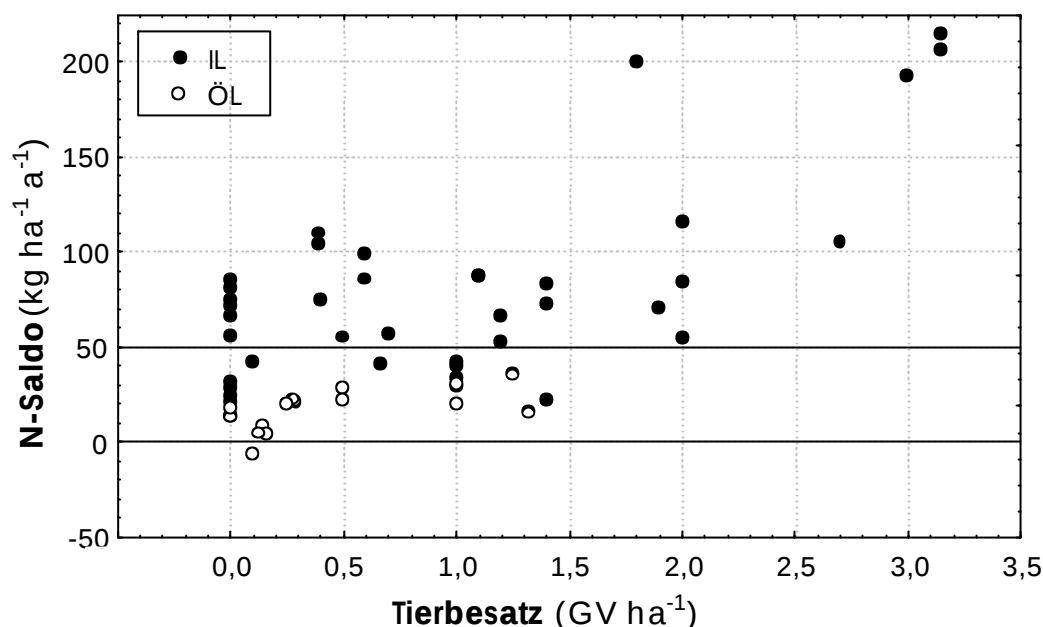


Abb. 5: N-Salden ökologischer und integrierter Betriebssysteme in Abhängigkeit vom Tierbesatz

IL = integrierter Landbau, ÖL = ökologischer Landbau

4. Schlussfolgerungen

Am Beispiel der Untersuchungsbetriebe ist in Grundzügen erkennbar, wie das Modell REPRO eine detaillierte Analyse betrieblicher Stickstoffflüsse ermöglicht und dabei Ergebnisse verschiedener Systemebenen integriert – von der Hoftorbilanz bis zur teilschlagbezogenen Simulation der Nitratausträge. Vorteile des REPRO-Ansatzes bestehen darin, dass die Zusammenhänge zwischen der Bewirtschaftung und dem N-Verlustpotential sehr gut beschrieben und interpretiert werden können. Auch ist es möglich, verschiedene Handlungsoptionen in ihrem Einfluss auf die N-Emissionen zu prüfen, z.B. Veränderungen der Betriebsstruktur (Fruchtfolge, Tierbesatz...), der Düngeintensität und der Verfahrensgestaltung (Termine für Düngung und Leguminosenumbruch...). Mit dem REPRO-Ansatz der N-Bilanzierung und -Simulation ist gegenüber der sogenannten „Hof“- oder „Feld-Stall“-Bilanz eine hohe Detailschärfe zu erzielen, vor allem dann, wenn die Modellparameter durch Messdaten präzisiert werden und Startwerte für N-Pools verfügbar sind.

REPRO ist in erster Linie eine Software, die den Landwirt in seinen Entscheidungen unterstützen soll, die ökologische Schwachstellen im Betrieb aufzeigen kann und die für Planungszwecke nutzbar ist. Das unter WINDOWS laufende PC-Programm ist so weit ausgereift, dass in mehreren Bundesländern Praxistests und Demonstrationsvorhaben laufen. In den Trinkwassereinzugsgebieten der Kommunalen Wasserwerke Leipzig bildet das PC-Programm bereits die Grundlage für die Ermittlung von Ausgleichszahlungen an Landwirte nach einem zielorientierten Ansatz (Minderung der N-Salden und Nitratfrachten; vgl. JÄGER 2002). Nähere Informationen zum Einsatz von REPRO erhalten Sie unter www.landw.uni-halle.de/repro.

Die verwendete Literatur kann bei den Autoren angefordert werden.

Ökobilanzierung in landwirtschaftlichen Produktionssystemen

Brentrup, Frank (Dülmen); Küsters, Jürgen; Lammel, Joachim

Die Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Systeme werden zumeist isoliert voneinander betrachtet. So gibt es z.B. zahlreiche Untersuchungen zur Nitratauswaschung oder zu gasförmigen Ammoniakverlusten in Folge ackerbaulicher Pflanzenproduktion.

Um aber die Gesamt-Umweltverträglichkeit verschiedener Produktionsalternativen miteinander vergleichen und bewerten zu können, müssen alle relevanten Umweltwirkungen gleichzeitig berücksichtigt werden. Bei der Beurteilung der Umweltverträglichkeit verschiedener Ackerbausysteme ist es zudem wichtig, nicht nur die auf dem Feld auftretenden, sondern auch die während der Produktion und Bereitstellung der nötigen Rohstoffe und Betriebsmittel (z.B. Dünger, Pflanzenschutzmittel) zu verzeichnenden Umweltwirkungen mit zu berücksichtigen.

Die Methode der Ökobilanzierung ermöglicht genau diese Art der Untersuchung. In diesem Referat wird eine neue, speziell für die Beurteilung von Ackerbauprodukten entwickelte Ökobilanzmethode vorgestellt. Diese neue Methode ermöglicht die Berechnung von Indikatorwerten für die für den Ackerbau relevanten Umwelteffekte Verknappung abiotischer Ressourcen, Flächeninanspruchnahme, Treibhauseffekt, Toxizität, Versauerung und Eutrophierung. Um die Gesamt-Umweltverträglichkeit eines Anbausystems abschließend beurteilen zu können, wurde weiterhin ein Bewertungssystem entwickelt, das die Aggregation der Einzelindikatoren zu zusammenfassenden Indizes ermöglicht. Dabei zeigt der EcoX-Wert (EcoX = Eco-Index) den Einfluß des untersuchten Anbausystems auf natürliche Ökosysteme und die menschliche Gesundheit an, während der RDI-Wert (RDI = Resource Depletion Index) den Verbrauch unterschiedlicher Ressourcen zusammenfasst.

Die Methode wird anhand von Beispielen aus der Getreideproduktion vorgestellt.

Die Ökobilanzierung eines Winterweizenanbausystems mit unterschiedlich hoher N-Düngung hat beispielsweise gezeigt, dass die Gesamt-Umweltbelastung (EcoX) bezogen auf eine Tonne Weizenkorn insbesondere bei ausbleibender oder den Pflanzenbedarf übersteigender N-Düngung deutlich ansteigt. Die EcoX-Werte der reduzierten bis ökonomisch optimalen Düngungsstufen liegen dagegen auf vergleichbarem Niveau. In niedrigen N-Düngungsstufen trägt vor allem die vergleichsweise große Flächeninanspruchnahme zum EcoX-Wert bei, während in höheren N-Stufen der Beitrag zur Eutrophierung von Oberflächengewässern dominiert.

Die vorgestellte Methode zur Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Produktionssysteme trägt insbesondere dazu bei, die dringendsten Umweltprobleme eines Systems aufzudecken (Schwachstellenanalyse), die Umweltwirkungen ihren Quellen zuzuordnen und auf dieser Basis Verbesserungspotentiale aufzuzeigen, größere Transparenz in der landwirtschaftlichen Produktionskette zu schaffen und einen objektiven Vergleich von Produkt- oder Produktionsalternativen zu ermöglichen.

Ökobilanzen verschiedener Anbauvarianten wichtiger Ackerkulturen

Nemecek, Thomas (Zürich)¹; Kufrin, Pierre; Menzi, Mathias; Hebeisen, Thomas; Charles, Raphaël

1 Einleitung

Die starke Intensivierung der Landwirtschaft in den letzten Jahrzehnten hat deren Produktivität massgeblich erhöht, jedoch auch unerwünschte Nebenwirkungen für die Umwelt mit sich gebracht, wie z.B. die Belastung der Gewässer und der Böden mit Schadstoffen. Um solche Nebenwirkungen möglichst zu vermeiden und den Ackerbau ökologisch zu optimieren, müssen zuerst die Umweltwirkungen quantifiziert sowie deren Ursachen und mögliche Verbesserungsmassnahmen ermittelt werden. Die Methode der Ökobilanz wurde ursprünglich für industrielle Anwendungen entwickelt. Arbeiten der letzten Jahre (z.B. Audsley *et al.* 1997, FAL 2002) erlaubten jedoch eine Anpassung an die Bedürfnisse der Landwirtschaft, so dass nun auch eine Beurteilung von landwirtschaftlichen Systemen, Produkten und Prozessen möglich ist.

Fallstudien zu einzelnen Kulturen (z.B. Gaillard & Hausheer 1999, Mattsson 1999) oder Versuchen (z.B. Alföldi *et al.* 1999) wurden bereits durchgeführt. Keine Studie gibt jedoch einen umfassenden Überblick über die Umweltwirkungen wichtiger Ackerkulturen.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Umweltwirkungen wichtiger Ackerkulturen zu beurteilen. Die untersuchten Varianten sind auf schweizerische Verhältnisse ausgerichtet. Dabei werden die Einflüsse der Produktionsregion (Tal-, Hügel- und Bergregion) und der Landbauform (konventionell, integriert und biologisch) untersucht. Bei der integrierten Produktion von Getreide und Raps werden zudem je eine Variante mit intensivem und mit extensivem Pflanzenschutz unterschieden. Die letztere entspricht der sogenannten „Extenso“-Produktion, welche auf Fungizide, Insektizide und Wachstumsregulatoren verzichtet und in der Schweiz mit speziellen Beiträgen gefördert wird.

Die Studie soll die Einflüsse der Kulturpflanzen, Regionen, Landbauformen und Intensitäten auf die Umweltwirkungen zeigen, sowie wichtige Hinweise auf ökologische Verbesserungsmöglichkeiten des Ackerbaus liefern.

2 Material und Methoden

2.1 Funktion und funktionelle Einheiten

Für die Auswertung der Ökobilanzen wurden zwei Funktionen der Landwirtschaft betrachtet:

- Die Funktion der Landnutzung, repräsentiert durch die funktionelle Einheit **1 ha Anbaufläche** und
- die ökonomische Funktion, für welche die funktionelle Einheit **1 kg Trockensubstanz Hauptprodukt** verwendet wurde.

Aufgrund der Verzerrungen der Preise durch Subventionen wurde auf eine funktionelle Einheit „finanzieller Erlös“ verzichtet.

2.2 Produktionsinventare

¹ eMail: thomas.nemecek@fal.admin.ch

Es wurden Produktionsinventare für die folgenden Ackerkulturen erhoben: Winter-/Sommerweizen, Winter-/Sommergerste, Winterroggen, Körner-/Silomais, Früh-/Lagerkartoffeln, Zucker-/Futterrüben, Ackerbohnen, Soja, Eiweisserbsen, Winterraps, Sonnenblumen, Karotten und Kohl.

Folgende Datenquellen liegen deren Beschreibung zugrunde:

- *Erträge*: gewichtete Mittelwerte der Naturalerträge in den Jahren 1996-1999 aus der Zentralen Auswertung betrieblicher Buchhaltungsdaten der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik in Tänikon (FAT).
- Die *Feuchtigkeit* der Erntegüter bei Ernte und nach der Trocknung, die *Saatgutmengen* und die *Arbeitsdurchgänge mit Maschinen* basieren auf dem Deckungsbeitragskatalog 2000 (LBL et al. 2000).
- Die *Saat*-, *Ernte*- und *Düngungszeitpunkte* wurden dem Arbeitsvoranschlag der FAT entnommen (Näf 1996) und durch Experten angepasst.
- Eine Befragung von Saatgut-Lieferanten und Experten diente der Ermittlung der Mengen eingesetzter *Saatbeizmittel*.
- Die ausgebrachten *Nährstoffmengen* stützen sich auf die Düngungsempfehlungen (Walther et al. 2001). Dabei wurden Korrekturen für die Höhe der Erträge (bei N, P und K), für das Hacken und die Gründüngung (nur bei N) angewandt. Für die biologischen Varianten wurde von einer Menge verfügbaren Stickstoffs von 70% der Normdüngung bei Getreide und von 100% bei Kartoffeln und Mais ausgegangen.
- Die Aufteilung auf die verschiedenen *Düngerarten* erfolgte anhand der Importstatistik (aus Rossier 2000) für Mineraldünger und anhand von Ergebnissen aus Pilotbetrieben (BLW et al. 1998) für Hofdünger.

2.3 Umweltinventare und Berechnung der direkten Emissionen

Die Umweltinventare von Nemecek & Heil (2001) bildeten die Datenbasis für die Berechnung der Ökobilanzen. Die direkten Emissionen (z.B. Ammoniak, Nitrat, Phosphat) wurden gemäss Modellen berechnet, welche in Nemecek (2002) beschrieben sind.

2.4 Bilanzzeitraum

Der Bilanzzeitraum erstreckte sich von der Grund-Bodenbearbeitung bis zur Ernte. Um einen Vergleich zwischen Kulturen zu ermöglichen, deren Saat im Herbst (Winterkulturen) und im Frühjahr (Sommerkulturen) erfolgt, musste die Winterperiode korrekt berücksichtigt werden. Für die integrierte und biologische Produktion ist eine hohe Bodenbedeckung während des Winters Voraussetzung. Diese kann bei Sommerkulturen durch eine Zwischenkultur (Gründüngung oder Zwischenfutter) bzw. eine Kunstwiese erreicht werden. Für die Ökobilanz wurde stets mit einer winterharten Gründüngung gerechnet, welche einen Teil des untersuchten Kultur-Systems bildete (Ausnahme: Frühkartoffeln). Der Aufwand an Maschinen, Treibstoffen, Saatgut für die Anlage der Gründüngung sowie alle Emissionen während des Winters wurden berücksichtigt.

2.5 Ernterückstände

Ein Teil der gedüngten Nährstoffe verbleibt in den Ernterückständen auf dem Feld und kommt den Folgekulturen zu Gute, was eine Reduktion der Düngung der nachfolgenden Kultur erlaubt.

Diesem Umstand wurde mit einer Gutschrift wie folgt Rechnung getragen: die prozentualen Anteile der Nährstoffe P und K, welche in den Ernterückständen auf dem Feld verbleiben, wurden mit den ausgebrachten Mengen P bzw. K multipliziert.

Eine Gutschrift für Stickstoff im Falle von Rübenblättern, Körnerleguminosen und Gründüngung erfolgte entsprechend den Empfehlungen von Walther *et al.* (2001).

Bei integrierter und konventioneller Produktion wurden die Gutschriften für N, P und K in entsprechende Mengen Ammoniumnitrat, Triple-Superphosphat und Kaliumchlorid, bei biologischer Produktion in Hornmehl, Rohphosphat und Kalium-Sulfat umgerechnet.

2.6 Allokation

Bei Getreide fallen zwei verwertbare Produkte an, nämlich Körner und Stroh. Bei einer produktbezogenen Auswertung (pro kg Hauptprodukt, z.B. 1 kg Weizenkörner) ist deshalb eine Allokation für die beiden Produkte erforderlich. Bei den übrigen Kulturen fällt entsprechend den getroffenen Annahmen jeweils nur ein Produkt an, so dass sich eine Allokation erübrigt. Die Allokation bei Getreide erfolgte proportional zu den Erlösen von Körnern und Stroh, was einen Anteil von 90-93% für die Körner ergab. Sämtliche Ressourcen und Emissionen wurden in diesem Verhältnis aufgeteilt, ausgenommen Prozesse, welche eindeutig den Körnern (Körnertransport, Körnertrocknung), bzw. dem Stroh (Pressen und Bergen) zugeordnet werden konnten.

Bei flächenbezogener Auswertung (z.B. Anbau von 1 ha Weizen) wurde indessen keine Allokation vorgenommen, bei Getreide sind somit sowohl die Aufwendungen für die Produktion der Körner, als auch jene für Stroh inbegriffen.

3 Ergebnisse

3.1 Wirkungsabschätzung und Auswertung

Folgende Umweltkategorien wurden in der Wirkungsabschätzung berücksichtigt:

- Erschöpfung nicht erneuerbarer (fossiler) Energieressourcen
- Treibhauspotenzial
- Ozonbildung
- Ökotoxizität (aquatisch und terrestrisch)
- Humantoxizität
- Eutrophierung (Gesamt-, aquatisch und terrestrisch)
- Versauerung von Ökosystemen.

Die Wirkungen auf die Biodiversität und die Bodenfruchtbarkeit konnten mangels verfügbarer Methode nicht ermittelt werden.

Zur Vereinfachung der Interpretation beschränkt sich die Ergebnisdarstellung auf folgende vier Wirkungskategorien:

1. *Erschöpfung fossiler Energieressourcen*, welche eng korreliert ist mit dem Treibhauspotenzial, der Ozonbildung und der Humantoxizität. Diese Wirkungskategorie zeigt die Effizienz der Produktion und gibt Auskunft über die Nutzung der Maschinen und den Einsatz mineralischer Dünger.
2. *Gesamteutrophierung*: gibt Auskunft über das Management der Nährstoffe mit Schwergewicht auf Stickstoff. Sie wird durch Nitrat- und Ammoniakemissionen dominiert.
3. *Aquatische Ökotoxizität* zeigt die toxische Wirkung der Schwermetalle in Düngern und der Pestizide auf die Gewässer, wobei v.a. Mineraldünger ins Gewicht fallen.
4. *Terrestrische Ökotoxizität* ist ein Mass für die toxische Wirkung der Schwermetalle aus Düngern und der Pestizide auf die Böden, wobei v.a. die Hofdünger ins Gewicht fallen. Sie ist stark korreliert mit der terrestrischen Eutrophierung und der Versauerung, da diese Umweltwirkungen in den untersuchten Systemen durch die gleichen Inputs beeinflusst werden.

Aus früheren Studien (Wolfensberger & Dinkel 1997) gibt es Erfahrungswerte, welche erlauben, die Genauigkeit der Ökobilanzberechnungen abzuschätzen. Das hier verwendete Interpretationsschema (Tabelle 1) wurde aus der zitierten Arbeit abgeleitet. Es werden nur Unterschiede von einem gewissen Ausmass als gesichert angesehen, wobei es sich um Erfahrungswerte und nicht um statistisch signifikante Ergebnisse handelt.

Tabelle 1: Interpretationsschema für die Beurteilung der Unterschiede zwischen zwei Varianten.

	Energieressourcen	Übrige Wirkungskategorien
Sehr günstig	<50%	<25%
Günstig	50-80%	25-67%
Vergleichbar	80-125%	67-150%
Ungünstig	125-200%	150-400%
Sehr ungünstig	>200%	>400%

3.2 Regionale Vergleiche

Die Unterschiede in den Anbauvarianten zwischen den Regionen waren eher gering (Tabelle 9) und in den meisten Fällen nicht gesichert. Folgende allgemeine Tendenz ergab sich aus den Ergebnissen: die Produktionsintensität und damit die Erträge und die Umweltbelastungen pro ha Anbaufläche nahmen mit zunehmender Höhenlage geringfügig ab. Bei der produktbezogenen Betrachtung (pro kg TS) verhielt es sich umgekehrt: da die Aufwendungen pro ha weniger stark abgenommen haben als die Erträge, stiegen die Umweltbelastungen mit der Höhenlage leicht an.

Tabelle 9: Einfluss der Produktionsregion (Tal-, Hügel-, Bergregion) auf die Umweltwirkungen von Anbauvarianten ausgewählter Kulturen und Landbauformen, bezogen auf die Anbaufläche (1 ha) bzw. die Trockensubstanz der Hauptprodukte (1 kg TS). Die Werte für die Region Tal sind absolut (Referenz, fett), jene für die Regionen Hügel und Berg sind relativ zur Talregion (=100%) berechnet. Das Interpretationsschema ist in

Tabelle 1 dargestellt.

Kultur Landbauform/ Region	Winterweizen integriert/intensiv			Sommergerste integriert/intensiv			Silomais integriert		Kartoffeln integriert		Kartoffeln biologisch	
	Tal	Hügel	Berg	Tal	Hügel	Berg	Tal	Hügel	Tal	Hügel	Tal	Hügel
Energieressourcen (MJ-Äq./ha)	24423	99%	98%	24938	99%	89%	26810	92%	46573	95%	37091	99%
Gesamt-Eutrophierung (kg PO ₄ -Äq./ha)	22	144%	133%	44	90%	95%	42	119%	61	85%	51	104%
Aquatische Ökotoxizität (g Zn-Äq./ha)	2371	93%	92%	1832	93%	74%	2566	79%	4686	100%	4876	110%
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn-Äq./ha)	197	87%	87%	149	94%	74%	591	143%	919	98%	1224	115%
Energieressourcen (MJ-Äq./kg TS)	3.96	104%	104%	4.22	107%	125%	1.56	97%	5.70	115%	7.76	84%
Gesamt-Eutrophierung (kg PO ₄ -Äq./kg TS)	0.0038	151%	140%	0.0076	97%	133%	0.0024	126%	0.0075	103%	0.0107	89%
Aquatische Ökotoxizität (g Zn-Äq./kg TS)	0.40	97%	97%	0.32	101%	103%	0.15	83%	0.57	121%	1.02	94%
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn-Äq./kg TS)	0.033	91%	91%	0.026	102%	104%	0.034	151%	0.112	119%	0.256	97%

Zwei wichtige Ausnahmen von dieser Tendenz waren die Eutrophierung bei Wintergetreide und die Bio-Kartoffeln (Tabelle 9): bei Wintergetreide stieg die Gefahr der Nitratauswaschung mit zunehmender Höhe, da die Saat im Herbst früher erfolgt und somit die kritische Winterperiode verlängert wird. Bio-Kartoffeln schnitten im Hügelgebiet pro ha tendenziell schlechter ab, pro kg dagegen besser. Dies hängt mit den systematisch höheren Erträgen von Bio-Kartoffeln in Hügelgebiet im Vergleich zum Talgebiet zusammen. Mögliche Gründe dafür sind ein tieferer Krankheitsdruck und eine höhere Verfügbarkeit an Hofdüngern.

Die Ergebnisse zeigen, dass auch im Berggebiet eine ökologisch verträgliche Produktion möglich ist. Da die Ackerfläche in höheren Lagen im Verhältnis zur Fläche von Wiesen und Weiden stark abnimmt, wird vermutlich der Auswahl der Ackerparzellen grössere Beachtung geschenkt als im Talgebiet. Es ist davon auszugehen, dass die Landwirte im Berggebiet nur die besten Flächen mit Ackerkulturen bepflanzen, während im Talgebiet auch marginale Standorte bebaut werden.

3.3 Vergleiche zwischen Landbauformen und Pflanzenschutzintensitäten

Zwischen den Landbauformen bestehen teilweise beträchtliche Unterschiede (Tabelle 3).

Der **Biolandbau** schnitt in der Regel bezüglich der Wirkungskategorien Erschöpfung fossiler Energieressourcen und aquatische Ökotoxizität günstiger ab als die integrierte Produktion. Dies ist primär durch den Verzicht auf Mineraldünger bedingt. Bei der Gesamteutrophierung gab es nur wenig gesicherte Unterschiede; die Werte des Biolandbaus waren meist etwas höher, was auf die Ammoniakemissionen bei der Hofdüngerausbringung zurückzuführen ist. Bei der terrestrischen Ökotoxizität verzeichnete der Biolandbau teilweise deutlich höhere Werte als die IP. Dies wurde durch den höheren Einsatz der Hofdünger und die darin enthaltenen Mengen an Zink und Kupfer verursacht. Eine wichtige Ausnahme von diesen allgemeinen Tendenzen bildeten die Bio-Kartoffeln: pro ha wiesen sie vergleichbare Ergebnisse auf, pro kg aber eine höhere Umweltbelastung als die integriert produzierten. Dies war die Folge der tiefen Erträge und des Einsatzes von Kupfer für die Krautfäulebekämpfung.

Bei der Interpretation der Ergebnisse für den Biolandbau muss berücksichtigt werden, dass nicht nur die biologischen, sondern auch die meisten integriert und konventionell wirtschaftenden Betriebe in der Schweiz Vieh halten. Die dabei anfallenden Hofdünger (v.a. die Gülle) werden aber bei integrierter und konventioneller Bewirtschaftung - im Gegensatz zur biologischen Produktion - meist auf das Grasland ausgebracht. Die Beurteilung der Hofdüngerproblematik ist deshalb durch eine Betrachtung auf Betriebsebene zu ergänzen.

Tabelle 3: Einfluss der Landbauform und Pflanzenschutzintensität auf die Umweltwirkungen von Anbauvarianten ausgewählter Kulturen in der Talregion, bezogen auf die Anbaufläche (1 ha) bzw. die Trockensubstanz der Hauptprodukte (1 kg TS). Konv = konventionell, IP = integrierte Produktion, IPI = IP mit intensivem Pflanzenschutz, IPE = IP mit extensivem Pflanzenschutz („Extenso“), Bio = Biolandbau. Die Werte für IP bzw. IPI sind absolut (Referenz, fett), die übrigen Werte sind relativ zur Referenz (=100%) berechnet. Das Interpretationsschema ist in

Tabelle 1 dargestellt.

Landbauform/Pflanzenschutzintensität	Kultur Winterweizen				Sommergerste				Winterraps				Kartoffeln	
	Konv	IPI	IPE	Bio	IPI	IPE	Bio		Konv	IPI	IPE	Bio	IP	Bio
Energieressourcen (MJ-Äq./ha)	101%	24423	87%	56%	24938	89%	59%		116%	20297	83%	52%	46573	80%
Gesamt-Eutrophierung (kg PO ₄ -Äq./ha)	134%	22	98%	119%	44	103%	109%	187%	12	119%	139%		61	84%
Aquatische Ökotoxizität (g Zn-Äq./ha)	127%	2371	79%	68%	1832	74%	47%		101%	1473	59%	123%	4686	104%
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn-Äq./ha)	96%	197	108%	498%	149	135%	331%		101%	492	86%	182%	919	133%
Energieressourcen (MJ-Äq./kg TS)	94%	3.96	104%	85%	4.22	111%	92%		107%	6.85	101%	82%	5.70	136%
Gesamt-Eutrophierung (kg PO ₄ -Äq./kg TS)	126%	0.0038	117%	180%	0.0076	128%	172%	174%	0.0039	144%	221%		0.0075	144%
Aquatische Ökotoxizität (g Zn-Äq./kg TS)	118%	0.40	94%	105%	0.32	92%	74%		94%	0.50	72%	195%	0.57	178%
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn-Äq./kg TS)	90%	0.033	129%	774%	0.026	168%	526%		94%	0.166	105%	287%	0.112	228%

Landbauform/Pflanzenschutzintensität	Silomais		Körnermais		Eiweisserbsen		Soja		Karotten		Kohl	
	IP	Bio	IP	Bio	IP	Bio	IP	Bio	IP	Bio	IP	Bio
Energieressourcen (MJ-Äq./ha)	26810	76%	54553	74%	16556	72%	16184	78%	47211	73%	63429	66%
Gesamt-Eutrophierung (kg PO ₄ -Äq./ha)	42	90%	35	113%	23	113%	48	96%	56	101%	41	103%
Aquatische Ökotoxizität (g Zn-Äq./ha)	2566	46%	1902	78%	1268	55%	1544	17%	4841	10%	1965	44%
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn-Äq./ha)	591	75%	445	180%	135	233%	207	31%	780	30%	204	214%
Energieressourcen (MJ-Äq./kg TS)	1.56	95%	6.92	85%	4.94	102%	6.21	78%	8.56	82%	5.57	71%
Gesamt-Eutrophierung (kg PO ₄ -Äq./kg TS)	0.0024	112%	0.0045	130%	0.0068	161%	0.0183	96%	0.010	113%	0.0036	112%
Aquatische Ökotoxizität (g Zn-Äq./kg TS)	0.15	57%	0.24	90%	0.38	78%	0.59	17%	0.88	11%	0.17	48%
Terrestrische Ökotoxizität (g Zn-Äq./kg TS)	0.034	94%	0.056	207%	0.040	330%	0.079	31%	0.141	34%	0.018	232%

Die **konventionelle** Produktion wies vergleichbare oder höhere Umweltbelastungen auf als die integrierte. Die erhöhten Werte für die Gesamteutrophierung finden ihre Ursache in der intensiveren Bodenbearbeitung und der dadurch verursachten höheren Nitratauswaschung.

Der **extensive** Pflanzenschutz („Extenso-Produktion“ mit Verzicht auf Fungizide, Insektizide und Wachstumsregulatoren bei Getreide und Raps) schliesslich, wies kaum gesicherte Vorteile gegenüber der Bewirtschaftung mit intensivem Pflanzenschutz auf. Wohl war die Umweltbelastung pro ha tendenziell leicht tiefer. Wegen kleinerer Erträge fielen die Werte pro kg dagegen etwas höher aus. Bei alleiniger Betrachtung der Pflanzenschutzmittel (nicht dargestellt) ergaben sich zwar beträchtliche Unterschiede bei der Ökotoxizität (Gaillard & Nemecek 2002). Diese wurden jedoch weitgehend durch die Wirkung der Schwermetalle überlagert, welche in den ausgebrachten Düngern enthalten waren.

3.4 Vergleiche zwischen Kulturen

Der **Verbrauch an Energieressourcen** (nach Abzug der Gutschriften, siehe Linie in Abbildung) war am höchsten bei den Hackfrüchten (Kartoffeln, Körnermais und Rüben) sowie bei den Gemüsen (Karotten und Kohl) mit Werten bei 40-60 GJ/ha. Diese hohen Werte wurden durch den intensiven Maschineneinsatz verursacht sowie beim Körnermais durch die Trocknung. Jene für Getreide, Ölfrüchte und Silomais liegen im mittleren Bereich bei etwa 20-25 GJ/ha. Der Anteil der Dünger am gesamten Energieverbrauch war mit 30-40% bei Getreide und Raps am höchsten von allen Kulturen. Den tiefsten Energieaufwand wiesen die Körnerleguminosen auf, welche aufgrund wegfallender N-Düngung nur etwa 16 GJ/ha benötigten. Der Verbrauch an Energieressourcen wurde durch die Nutzung der Maschinen (inkl. Einstellgebäude, Maschinen und Treibstoffe) sowie durch die Düngung bestimmt, wobei aufgrund des hohen Energieverbrauchs für die Synthese v.a. N-Dünger bedeutend waren.

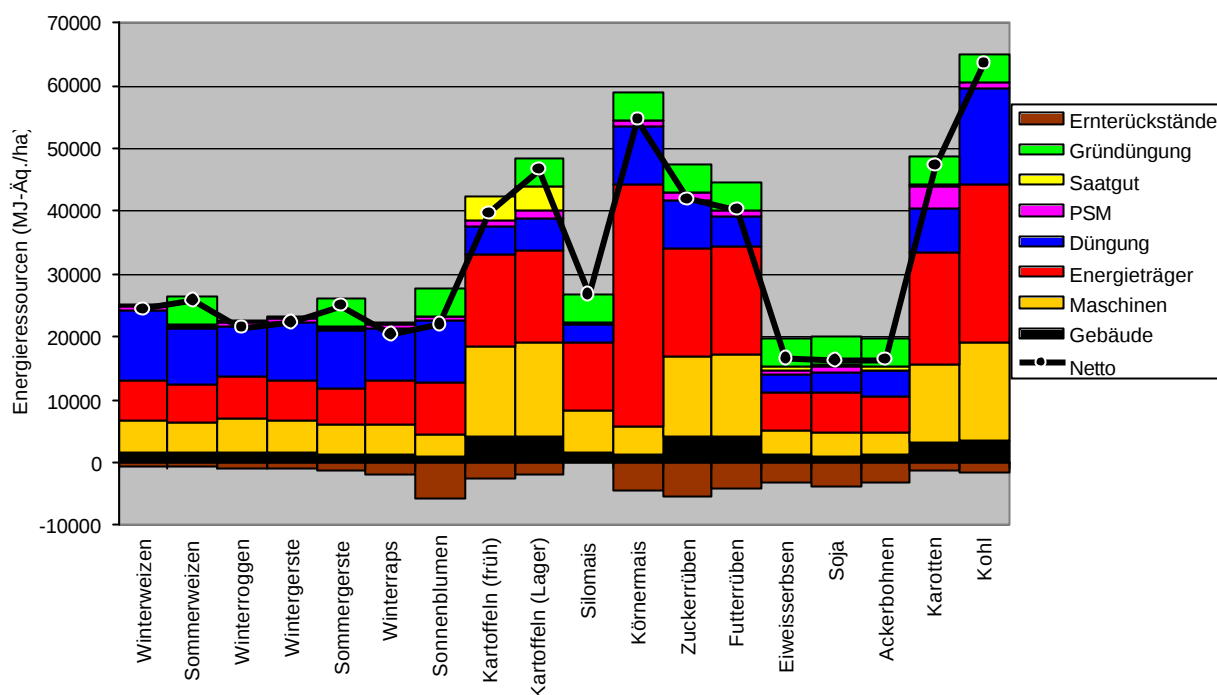


Abbildung 1: Erschöpfung fossiler Energieressourcen bezogen auf die angebaute Fläche von integrierten Anbauvarianten im Talgebiet (mit intensiven Pflanzenschutz bei Getreide und Raps). Die Gutschriften für die Ernterückstände sind als negative Werte aufgetragen. Die Werte nach Abzug der Gutschriften sind zur besseren Lesbarkeit als überlagerte Linie („Netto“) dargestellt.

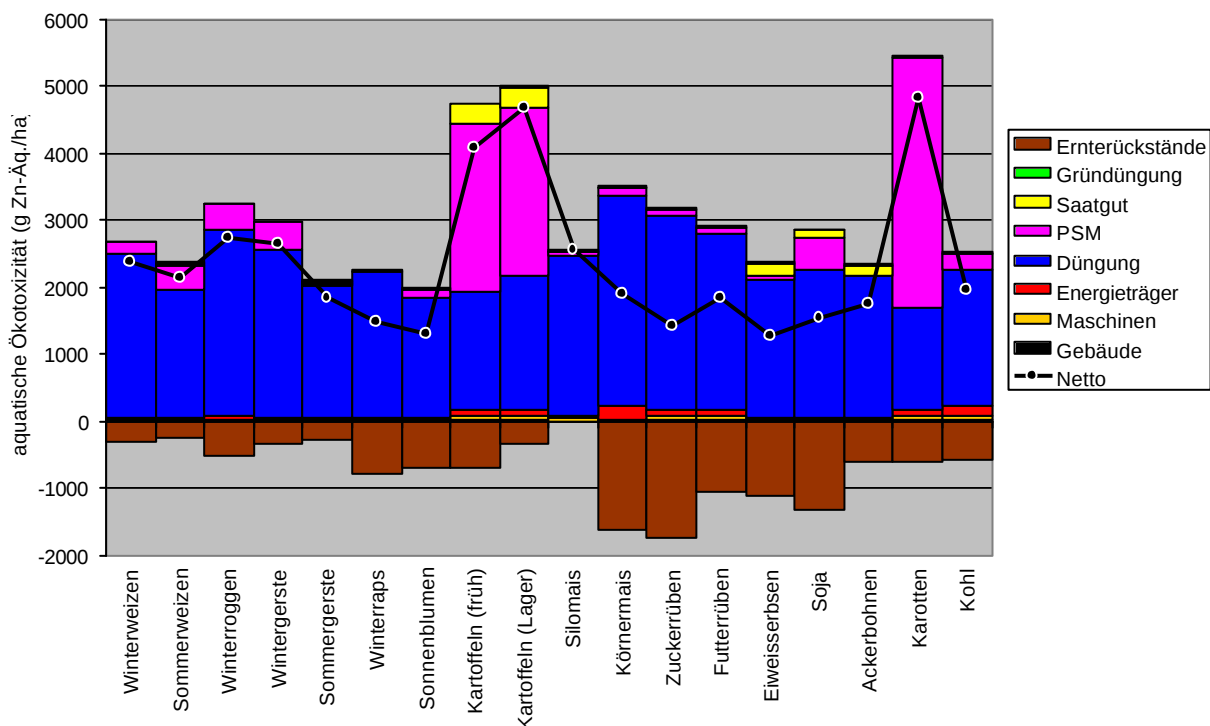


Abbildung 2: Aquatische Ökotoxizität bezogen auf die angebaute Fläche von integrierten Anbauvarianten im Talgebiet (mit intensiven Pflanzenschutz bei Getreide und Raps). Die Gutschriften für die Ernterückstände sind als negative Werte aufgetragen. Die Werte nach Abzug der Gutschriften sind zur besseren Lesbarkeit als überlagerte Linie („Netto“) dargestellt.

Die aquatische Ökotoxizität (Abbildung 2) wurde primär durch die Schwermetalle (v.a. Cadmium und Quecksilber) in den ausgebrachten Düngern dominiert. Die Fungizide bei Kartoffeln (Chlorothalonil) und Karotten (Kupfer) fielen stark ins Gewicht und führten zu den insgesamt höchsten Werten bei diesen Kulturen. Für eine Reduktion der aquatischen Ökotoxizität müssen in erster Priorität die Mengen und die Art der Dünger (Schwermetallgehalte) beachtet werden. In zweiter Priorität kommen bei einigen Kulturen die Pestizide dazu.

4 Diskussion

Die Wahl der Ackerkultur erwies sich als wichtigster Faktor für das Ausmass der Umweltwirkungen, gefolgt von der Landbauform. Die Pflanzenschutzintensität und die Produktionsregion spielten hingegen eine untergeordnete Rolle. Beim Energieverbrauch unterschieden sich die Kulturen bei flächenbezogener Betrachtung bis um einen Faktor 4, während die Unterschiede zwischen den Landbauformen bei einem Faktor 2 lagen.

Die integrierte Produktion stellt eine Möglichkeit der ökologischen Optimierung gegenüber der konventionellen Produktion dar. Die biologische Produktion bringt eine Verbesserung beim Energieverbrauch und bei der aquatischen Ökotoxizität im Vergleich zur integrierten Produktion; der Ausbringung der Hofdünger und der Höhe der Erträge muss jedoch grosse Beachtung geschenkt werden.

Die Extensivierung des Pflanzenschutzes (siehe Tabelle 3) brachte bescheidene Ergebnisse. Die Wahl der Pestizide und der Verzicht auf unnötige Behandlungen sind zwar für die Umwelt relevant, die Effekte der Schwermetalle in den Düngern sind aber oft grösser. Zudem muss der Sicherung des Ertrags grosse Bedeutung beigemessen werden, denn bei zu grossen Ertragsverlusten wirkt sich eine solche Massnahme kontraproduktiv aus.

Die Düngung hingegen beeinflusst viele Umweltwirkungen massgeblich. Ergebnisse aus dem DOK-Versuch (FAL, nicht publiziert) haben gezeigt, dass eine Extensivierung bei der Düngung durchaus sehr positiv auf die Umwelt wirken kann.

Die Studie legt den Schluss nahe, dass auch in höher gelegenen Produktionsregionen ein umweltverträglicher Ackerbau möglich ist, wenn den besonderen Gegebenheiten Rechnung getragen wird.

Die grossen Unterschiede in den Umweltwirkungen weisen darauf hin, dass eine ökologische Optimierung des Ackerbaus durchaus möglich ist. Sowohl für die integrierte als auch für die biologische Produktion gibt es Verbesserungsmöglichkeiten. Für die **integrierte Produktion** sind dies:

1. Düngung: Reduktion der Menge und Auswahl von Mineraldüngern mit tiefen Schwermetallgehalten,
2. Maschineneinsatz: hohe Auslastung, überbetrieblicher Einsatz und energieeffiziente Verfahren,
3. Pestizideinsatz: Wahl der Wirkstoffe und Verzicht auf Behandlungen, welche wenig zu Ertrag oder Qualität beitragen,
4. Bodenbearbeitung: Bodenschonung, Minimierung der Nährstoffverluste, Reduktion des Energieverbrauchs.

Für die **biologische Produktion** ergeben sich folgende Prioritäten für eine ökologische Optimierung:

1. Steigerung der Erträge, insbesondere bei Kartoffeln,
2. Optimierung der Ausbringung der Hofdünger (Ammoniak-Verluste),
3. Maschineneinsatz: wie bei IP,

4. Kupferersatz und alternative Verfahren im Pflanzenschutz,
5. Bodenbearbeitung: wie bei IP.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass bedeutende Unterschiede zwischen den Umweltwirkungen einzelner Ackerkulturen bestehen. Durch geschickte Wahl der Kulturen im Rahmen einer Fruchtfolge kann die Umweltbelastung reduziert werden. Innerhalb der einzelnen Kulturen erwies sich die Landbauform (konventionell, integriert, biologisch) als der wichtigste Einflussfaktor. Die biologische Produktion schnitt günstiger ab als die integrierte, mit Ausnahme der Kartoffeln und jenen Umweltwirkungen, welche mit dem Einsatz der Hofdünger zusammenhängen. Die Produktionsregion und die Intensität des Pflanzenschutzes spielten hingegen eine untergeordnete Rolle.

Prioritäre Handlungsfelder für die umweltgerechte Ausgestaltung des Ackerbaus sind die Optimierung der Düngung (Menge und Art der Dünger bei der integrierten und Ausbringungstechnik der Hofdünger bei der biologischen Produktion), die Mechanisierung (Reduktion der Arbeitsgänge und Steigerung der Effizienz der Maschinennutzung), der Pestizid-Einsatz (Wahl der Mittel bei der integrierten und Kupfer-Ersatz bei der biologischen Produktion) und die schonende Bodenbearbeitung, wobei Ertragsverluste minimiert werden müssen.

Die Beurteilung des Ackerbaus auf der Stufe einzelner Kulturen muss durch eine Betrachtung auf der Ebene einer Fruchtfolge (Frick et al. 2001, Nemecek et al. 2001) und für gesamtbetriebliche Systeme (Rossier & Gaillard 2001) ergänzt werden. Für Vergleiche zwischen verschiedenen Nahrungs- und Futtermitteln müssen zudem die nachgelagerten Prozesse mit einbezogen werden.

Literatur

- Alföldi, Th., Schmid, O., Gaillard, G. & Dubois, D., 1999. IP- und Bio-Produktion: Ökobilanzierung über eine Fruchtfolge. *Agrarforschung*, 6 (9): 337-340.
- Audsley, E., Alber, S., Clift, R., Cowell, S., Crettaz, P., Gaillard, G., Hausheer, J., Jolliet, O., Kleijn, R., Mortensen, B., Pearce, D., Roger, E., Teulon, H., Weidema, B. & van Zeijts, H., 1997. Harmonisation of life cycle assessment for agriculture. Final Report, Concerted Action AIR3-CT94-2028. European Commission DG VI Agriculture.
- BLW, FAT, FiBL, LBL & SRVA, 1998. Ökologische und produktionstechnische Entwicklung landwirtschaftlicher Pilotbetriebe 1991 bis 1996 - Schlussbericht der nationalen Projektgruppe Öko-Pilotbetriebe. FAT, Tänikon, 169 p.
- FAL, 2002. Ökobilanzen - Beitrag zu einer nachhaltigen Landwirtschaft. FAL, Zürich, Schriftenreihe der FAL 38, 37 p.
- Frick, C., Dubois, D., Nemecek, T. & Gaillard, G., 2001. Burgrain: Vergleichende Ökobilanz dreier Anbausysteme. *Agrarforschung*, 8 (8): 152-157.
- Gaillard, G. & Hausheer, J., 1999. Ökobilanz des Weizenanbaus. *Agrarforschung*, 6 (1): 37-40.
- Gaillard, G. & Nemecek, T., 2002. Ökologische Beurteilung der Extensoproduktion von Getreide und Raps mittels Ökobilanzierung. FAL, Zürich, Bericht zu Handen des Bundesamtes für Landwirtschaft, 49 p.
- LBL, SRVA & FiBL, 2000. Deckungsbeiträge - Ausgabe 2000.
- Mattsson, B., 1999. Environmental life cycle assessment (LCA) of agricultural food production, Ph.D. Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences.

- Näf, E., 1996. Arbeitsvoranschlag - Datenkatalog für den Arbeitszeitbedarf der landwirtschaftlichen Arbeiten. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon.
- Nemecek, T., 2002. SALCA-Templates - Swiss agricultural life cycle assessment database - Beschreibung der Mustersysteme "Betrieb" und "Kultur", Version 1.20, April 2002. Arbeitspapier, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, FAL Reckenholz, Zürich, Produkt Öko-Controlling, Teilprodukt Ökobilanzen.
- Nemecek, T., Frick, C., Dubois, D. & Gaillard, G., 2001. Comparing farming systems at crop rotation level by LCA. In: Geerken, T., Mattson, B., Olsson, P. & Johansson, E., (eds.), Proceedings of the International Conference on LCA in Foods, Gothenburg. SIK, VITO, Gothenburg, 65-69.
- Nemecek, T. & Heil, A., 2001. SALCA - Swiss Agricultural Life Cycle Assessment Database, Umweltinventare für die Landwirtschaft, Version 012, Dezember 2001. FAL, Interner Bericht Teilprodukt Ökobilanzen, Produkt Öko-Controlling, 75 p.
- Rossier, D., 2000. Vereinfachte Beurteilung der potenziellen Umweltwirkungen der schweizerischen Landwirtschaft - Studie im Rahmen des Projekts: "Zentrale Auswertung und Ökobilanzierung". SRVA, BLW, FAL, FAT & FiBL.
- Rossier, D. & Gaillard, G., 2001. Bilan écologique de l'exploitation agricole - méthode et application à 50 entreprises. Rapport SRVA, FAL sur mandat de l'Office fédéral de l'agriculture, 105p.
- Walther, U., Ryser, J.-P. & Flisch, R., 2001. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. Agrarforschung, 8 (6): 1-80.
- Wolfensberger, U. & Dinkel, F., 1997. Beurteilung nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz in den Jahren 1993-1996. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern.

13 Jahre Vergleichsflächenprogramm im Rahmen der Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung - SchALVO Baden-Württemberg

Finck, Margarete (Karlsruhe)¹

Die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung Baden-Württemberg (SchALVO)

In den ca. 2500 Wasserschutzgebieten Baden-Württembergs wird mit der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) vom 01.01.1988 und den Novellierungen vom 01.01.1992 und 20.02.2001 das Grundwasser in Wasserschutzgebieten vor Nitrat- und Pestizideinträgen aus der Landwirtschaft besonders geschützt. Vor der letzten Novellierung der SchALVO 2001 wurde die ordnungsgemäße Landbewirtschaftung in folgenden Punkten eingeschränkt: Verbot von Grünlandumbruch, Verringerung der bedarfsgerechten N-Düngemenge um 20%, Restriktionen beim Einsatz von Wirtschaftsdüngern, Begrünungsgebot, terminliche Einschränkung bei der Einarbeitung von Begrünungen und Ernterückständen, Reduzierung der Bodenbearbeitung im Herbst und Anwendungsverbot für Pflanzenschutzmittel, die nicht im Positivkatalog aufgeführt sind.

Für eine fundierte Beratung und ordnungsgemäße Umsetzung dieser Bewirtschaftungsauflagen sind etwa 50 Wasserschutzgebietsberater an den Ämtern für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur (ÄLLB) zuständig. Das Land gewährt den Bewirtschaftern auf Antrag einen Ausgleich für den Mehraufwand und mögliche Ertragseinbußen in Höhe einer Pauschale von 310 DM/ha oder in Ausnahmefällen einen höheren Einzelausgleich auf der Basis von entsprechenden Nachweisen. Von staatlicher Seite wurden im Herbst bis zu 90 000 Ackerflächen auf ihren Nitratgehalt überprüft. Die Bodennitratwerte durften den Grenzwert von 45 kg NO₃-N/ha bei leichten Böden in 0 – 90 cm Tiefe und bei schweren Böden in 30 - 90 cm Tiefe nicht überschreiten.

Allerdings wurden mögliche Fehler bei Probenahme, Transport und Analytik berücksichtigt, so dass erst ab Überschreiten eines Toleranzwertes von 70 kg NO₃-N/ha der finanzielle Ausgleich gestrichen wurde.

Anhand von Vergleichsflächen wurde überprüft, ob trotz SchALVO-gemäßer Bewirtschaftung die Toleranzgrenze durch witterungsbedingte Einflüsse regional nicht eingehalten werden konnte. Gegebenenfalls wurde der Toleranzwert angepasst.

Das Vergleichsflächenprogramm der SchALVO

Die Vergleichsflächen sind Praxisschläge, für die sich die Landwirte gegen eine Entschädigung vertraglich verpflichten, entsprechend den Anweisungen der Wasserschutzgebietsberater zu wirtschaften, regelmäßige Nitratbeprobungen zuzulassen und bei der Ertragsermittlung mitzuwirken. In der Regel werden die Vergleichsflächen in zwei Teilflächen, sogenannte Doppelvarianten angelegt. Eine Variante wird nach den Auflagen der SchALVO bewirtschaftet, die andere Variante nach den Richtlinien der ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung (ogL). Damit

¹ eMail: Margarete.Finck@lufa.bwl.de

können die Auswirkungen der Bewirtschaftungseinschränkungen auf den Nitratgehalt des Bodens sowie auf Ertrag und Qualität des Erntegutes erfasst werden.

Das Vergleichsflächenprogramm umfasst die häufigen Ackerbaukulturen, Sonderkulturen wie Spargel, Tabak, Hopfen, Wein- und Obstbau sowie Gartenbaukulturen und Grünland. Die Gesamtzahl der Vergleichsflächen 1988 bis 2000 liegt zwischen 162 (1988) und 301 (1994), wobei Ackerbauflächen mit ca. 70 %, Gartenbauflächen mit 20 % und Sonderkultur- und Grünlandflächen mit 10 % vertreten sind.

Die Vergleichsflächen Ackerbau

Die Schlagkarten der Vergleichsflächen Ackerbau enthalten alle grundlegenden Daten (Boden, Höhenlage, Grundnährstoffgehalte etc.), Bewirtschaftungsdaten (Bodenbearbeitung, Düngung, Pflanzenschutz), Ertrag und Qualität des Erntegutes und die Nitratgehalte des Bodens im Jahresverlauf. Die Beprobungen fanden schwerpunktmäßig zu Vegetationsbeginn, zur Düngung von späten Sommerungen (bei Mais späte N_{min} -Methode), zur Hauptmineralisation Anfang Juni, nach der Ernte, in der ersten Oktoberhälfte auf leichten, unbegrünten Standorten und während der Herbstkontrollaktion in den Kalenderwochen 45, 47 und 49 statt.

Ergebnisse der SchALVO-Varianten

Einhaltbarkeit des Grenzwertes

Der Grenzwert von 45 kg NO_3 -N/ha war im Mittel der Jahre 1990 bis 2000 auf 81 % der Vergleichsflächen (SchALVO-Varianten) einhaltbar. Erhebliche Defizite traten in den Jahren 1990 und insbesondere 1991 auf, als durch starke Trockenheit im Spätsommer und Herbst nur auf 40 % der Vergleichsflächen der Grenzwert eingehalten werden konnte. 1998 und 1999 wurden mit über 90 % die besten Ergebnisse erreicht. Tendenziell scheint sich die Einhaltung des Grenzwertes gegen Ende der 90er Jahre verbessert zu haben.

Entwicklung der Nitratwerte 1987 - 2000

Der mittlere Nitratgehalt im Herbst ist seit Inkrafttreten der SchALVO im Jahre 1988 deutlich zurückgegangen und hat sich in den letzten Jahren auf ein sehr niedriges Niveau von etwa 30 kg NO_3 -N/ha eingependelt. Lediglich die Jahre 1991 und 1997 zeigen erhöhte Werte aufgrund ungewöhnlich starker Trockenheit. Da ein fast ebenso starker Rückgang der Nitratwerte auf den nach ogL bewirtschafteten Teilflächen festzustellen ist, zeigt sich wie sehr sich die landwirtschaftliche Düngepraxis in diesem Zeitraum verändert hat. Exaktere Düngungsberechnung, geringere N-Ausbringungsmengen und allmähliches Aushagern vormals stark gedüngter Flächen sind die Ursachen für den deutlichen Rückgang der Herbstnitratwerte von 1987 bis 2000.

Verlagerung von Nitrat über die Wintermonate

Die Nitratwerte verringerten sich über die Wintermonate im Mittel der Jahre 1987 bis 2000 um 14 %. Allerdings waren in den Frühjahren 91 und 93 – vermutlich aufgrund von Trockenheit und überdurchschnittlicher Wärme im Januar – die Nitratwerte im Frühjahr höher als im vorangegangenen Herbst. Bei hohen Nitratwerten im Herbst (1987, 1988 und 1991) sind die absoluten Rückgänge bis zur Frühjahrsmessung am

stärksten. Insofern ist bei hohen Herbstnitratwerten mit einem höheren Nitratreintrag ins Grundwasser zu rechnen.

Einfluß der Fruchtfolge auf die Herbstnitratwerte

Unter frisch angesätem Winterweizen sind im Herbst in der Regel die höchsten, unter Wintergerste etwas geringere und unter Winterraps die niedrigsten Nitratgehalte festzustellen. Dies dürfte zum einen auf den unterschiedlichen Entzug des jungen Pflanzenbestandes zum anderen aber hauptsächlich auf die Stellung der genannten Kulturen innerhalb der Fruchtfolge zurückzuführen sein. Während Winterweizen in der Regel nach Vorfrüchten steht, die einen guten Boden und N-reiche Ernterückstände hinterlassen (z. B. Vorfrucht Winterraps oder Zuckerrübe ohne Blattabfuhr), steht Winterraps gewöhnlich nach Wintergerste, die niedrige Nitratwerte im Boden hinterlässt; zum anderen entzieht der Raps noch erhebliche N-Mengen im Herbst.

Vergleich der SchALVO-Bewirtschaftung mit ordnungsgemäßer Landwirtschaft

Unterschiede im Nitratgehalt des Bodens SchALVO – ogL

Die Bewirtschaftungsmaßnahmen nach SchALVO zeigten nicht unmittelbar nach Einführung Wirkung auf die Nitratgehalte im Boden. Erst ab 1995, als sich die Herbstnitratwerte auf ein Niveau von unter 40 kg NO₃-N/ha eingependelt hatten, konnten tendenziell niedrigere Werte auf den SchALVO-gemäß bewirtschafteten Flächen festgestellt werden.

Im langjährigen Vergleich (1988 bis 2000) können für alle Bodenkategorien leicht, schwer und flachgründig, schwer und tiefgründig bzw. moorig und anmoorig auf den SchALVO-Varianten geringe Rückgänge verzeichnet werden. Bei der Analyse der Einzeljahre konnten keine Unterschiede in der Dynamik der Rückgänge in Abhängigkeit von der Bodenkategorie festgestellt werden.

Als Problemkulturen, die hohe Nitratwerte im Herbst hinterlassen gelten u. a. Kartoffeln, Spargel, Erdbeeren, Gemüse und Raps. Die Bewirtschaftungsauflagen der SchALVO führten bei Raps, Erdbeeren und Gemüse zu den deutlichsten Rückgängen des Bodennitratwertes.

Ertragsunterschiede SchALVO – ogL

Die SchALVO-gemäße Bewirtschaftung führte in den Jahren 1991 bis 2000 immer wieder zu signifikanten Ertragseinbußen. Der Rückgang bei Winterweizen und Wintergerste betrug im Mittel 5,5 %, Winterroggen 8,2 %, Sommergerste 7,8 %, Winterraps 6,5 %, Zuckerrüben 2,6 %, Silomais 4,4 %, Körnermais 4,4 %.

Die Novellierung der SchALVO vom 20.02.2001

Die Bewirtschaftung nach SchALVO führte erst nach mehreren Jahren bei einem insgesamt deutlich geringeren N-Niveau der Böden zu erkennbaren Unterschieden gegenüber der Bewirtschaftung nach ogL. In Gebieten mit erhöhten Nitratbelastungen des Grundwassers reichte das Anforderungsniveau der SchALVO nicht aus, um eine anhaltende Verringerung dieser Belastungen zu erreichen. Deshalb wurden mit der Novellierung der SchALVO zum 20.02.2001 weitergehende Bewirtschaftungsauflagen, differenziert nach der Nitratbelastung des Grundwasserleiters festgelegt. Deutliche Verschärfungen der Bewirtschaftungsauflagen betreffen

das Bodenbearbeitungsverfahren (Mulchsaat statt Pflug), die Bodenbearbeitungstermine (Frühjahr statt Herbst), die Termine zur Festmistausbringung, die Gülleausbringung nach Getreide, die Folgebewirtschaftung bei Körnerleguminosen und die Vorschriften zur Einarbeitung von Ernteresten, Begrünung und Düngung.

Ressourcenschutz und Qualitätssicherung in der Landwirtschaft - Auswirkungen auf Umwelt, Produktivität und Ökonomie Laborzulassung gemäß DüngeVO in Baden-Württemberg

Übelhör, Walter (Karlsruhe)¹

In Baden-Württemberg darf die Grunduntersuchung von Böden gemäß DüngeVO oder MEKA II (Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich) nur von geprüften und zugelassenen Laboratorien durchgeführt werden (Verwaltungsvorschrift des Ministeriums Ländlicher Raum zum Vollzug der DüngeVO vom 16. Dezember 1996).

Die Vorgehensweise lehnt sich an die "Verwaltungsvereinbarung der Länder über den Kompetenznachweis und die Notifizierung von Prüflaboratorien und Messstellen im gesetzlich geregelten Umweltbereich" vom 20.11.1998 (vgl. Beschluss der 51. UMK 19./20.11.1998) an.

Zulassungsstelle ist die LUFA Augustenberg.

Vor der Laborzulassung sind folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

- Regelmäßige erfolgreiche Teilnahme an Ringversuchen (z.B. 5-Länder-Ringversuch).
- Abschluss einer *"Vereinbarung zwischen Untersuchungsstelle und der LUFA Augustenberg zum Antrag auf Notifizierung gemäß DüngeVO in Baden-Württemberg (Grunduntersuchung Boden)"*.
In dieser Vereinbarung werden unter anderem folgende Punkte geregelt:
 - o Gesetzliche Grundlagen
 - o Notifizierte Probenmatrix und Untersuchungsumfang
 - o Voraussetzung für eine Notifizierung
 - o Kosten der Notifizierung
 - o Dauer der Notifizierung
 - o Änderungen sind anzuzeigen
 - o Entzug der Notifizierung
 - o Veröffentlichung
 - o Regelung von Labors mit Dienstsitz in anderen Bundesländern
- Dokumentation des Untersuchungsganges im Laboratorium mit Angaben zu Maßnahmen der Qualitätssicherung.
- Die Untersuchungsstelle muss anhand von Befunden belegen, dass für die Eingruppierung der Messwerte in Gehaltsklassen die baden-württembergischen Grenzwerte verwendet werden und eine Düngeempfehlung gerechnet werden kann. Hierzu werden Messwerte und weitere Angaben vorgegeben.
- Für die Zulassung von Laboratorien aus anderen Bundesländern ist eine vergleichbare Regelung getroffen worden, wobei sich die Überprüfung auf die korrekte Eingruppierung der Messwerte beschränkt. Die korrekte Untersuchung der Proben wird von der dort zuständigen Zulassungsstelle kontrolliert und gewährleistet.

¹ eMail: walter.uebelhoer@lufa.bwl.de

Aufnahme in eine Laborliste nach erfolgreicher Laborzulassung:

Sind alle Bedingungen vom Laboratorium erfüllt, so erfolgt die Laborzulassung. Auf der WEB-Site der LUFA Augustenberg wird das neu zugelassene Labor in eine ständig aktuell gehaltene Laborliste aufgenommen.

Da inzwischen praktisch jeder Zugang zum Internet besitzt, ist diese Laborliste als Informationsträger über zugelassene Laboratorien ausreichend.

Maßnahmenkatalog für die Erhaltung der Zulassung:

Während der Laufzeit der Zulassung werden regelmäßig Aktionen durchgeführt, die einen gleichbleibend hohen Qualitätsstandard der Untersuchungsstellen gewährleisten sollen:

- Jährliche Anforderung von Rückstellproben und Untersuchung im Bodенlabor der LUFA Augustenberg. Bei ungenügender Übereinstimmung der Messwerte wird zusammen mit dem Laboratorium nach den Ursachen gesucht. (Die Tabelle 1 zeigt die Abweichungen von 246 Rückstellproben im Jahr 2001.)

Tabelle 1: Ergebnisse der Rückstellprobenaktion im Jahr 2001

Parameter	Abweichung	Anteil an allen Rückstellproben
pH-Wert	0 bis 0,1	70 %
	0 bis 0,25	85 %
Phosphor (P ₂ O ₅) mg/100 g Boden	0 bis 2	66 %
	0 bis 5	89 %
Kalium (K ₂ O) mg/100 g Boden	0 bis 2	82 %
	0 bis 5	92 %
Magnesium (Mg) mg/100 g Boden	0 bis 2	96 %

- Regelmäßig oder bei nicht optimaler Übereinstimmung der Messwerte von Rückstellproben werden Laborbesichtigungen durch Mitarbeiter der LUFA Augustenberg durchgeführt. Hierbei wird unter anderem überprüft, ob die vorgeschriebenen Methodenvorschriften eingehalten werden und die vorhandene technische Ausstattung geeignet ist.
- Durch Info-Briefe werden die zugelassenen Laboratorien über aktuelle Änderungen informiert. Alle Grundlagen und Algorithmen für die Bewertung der Messwerte nach baden-württembergischen Richtlinien werden auf der WEB-Site der LUFA Augustenberg ständig aktuell gehalten.
- Darüber hinaus wird ein intensiver Erfahrungsaustausch zwischen den Laboratorien und der Zulassungsstelle auf den jährlich wiederkehrenden Labor-Info-Tagen gepflegt.

Ergebnis:

Mit den gezeigten Maßnahmen und Kontrollen wird bei den zugelassenen Laboratorien ein hoher Qualitätsstand der Bodenuntersuchung erreicht und erhalten. Außerdem ist gewährleistet, dass die Bewertung der Messwerte einheitlich nach den baden-württembergischen Richtlinien erfolgt.

Kontrolle von organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln aus Gartenmärkten in Sachsen und Thüringen

Dittrich, Barbara (Leipzig)¹; Neubert, Karl-Heinz; König, Volkmar; Riedel, Ronald

Einleitung

Die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft und die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft führten im II. Quartal 2002 ein gemeinsames Programm zur Kontrolle von "Organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln" nach Anlage 1 Abschnitt 3 der Düngemittelverordnung durch.

Ziel der Untersuchungen war die Überprüfung der Einhaltung der gesetzlichen Regelungen beim Düngemittelhandel als Beitrag zum Umwelt- und Verbraucherschutz.

Es erfolgte in beiden Bundesländern zeitgleich eine stichprobenweise Entnahme von im Verkehr befindlichen Düngemitteln (vorwiegend Obst- und Gemüsedünger) in Bau- und Gartenmärkten.

Kontrolliert wurde:

- Deklaration durch den Hersteller (typbestimmende Nährstoffgehalte)
- Einhaltung der deklarierten Werte unter Beachtung der zulässigen Toleranzen
- Aufarbeitung zu seuchenhygienisch unbedenklichen Produkten.

Im Vorfeld der Einführung von Grenzwerten für bestimmte Elemente in Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln wurden die organischen und organisch-mineralischen Düngemittel auf den Gehalt an Schwermetallen (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn) untersucht. Schwermetalle, außer Chrom, unterliegen bisher noch nicht der Untersuchungspflicht bzw. Grenzwerten.

Kontrollumfang

Im Zeitraum von März bis Juni 2002 wurden insgesamt 21 Bau- und Gartenmärkte beprobt und 62 organische und organisch- mineralische Düngemittel beprobt und analysiert. Davon waren

- 11 organische N- Dünger
- 6 organische NP- Dünger
- 14 organische NPK- Dünger und
- 31 organisch-mineralische NPK- Dünger.

Zur Kontrolle wurden geschlossene Packungen entnommen. Die Untersuchung der Proben erfolgte nach der Verordnung über Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Düngemittelüberwachung.

Es handelte sich um Düngemittel, die vollständig oder teilweise aus tierischen und/oder pflanzlichen Stoffen aufbereitet werden. Vielfach liegt eine Verwendung von Abfällen vor, die nicht dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz unterliegen. Verwendete tierische Rohstoffe waren u.a. Guano, Geflügelmist, Rindermist, Blut-, Federn-, Knochen- und Hornmehle. Diese tierischen organischen Bestandteile

¹ eMail: Barbara.Dittrich@Leipzig.LfL.smul.sachsen.de

wurden offen deklariert oder deren Zugabe nur als "Aufbereiten von tierischen Stoffen" angegeben. Nach derzeitiger Gesetzeslage bleibt dies der Herstellerfirma überlassen. Der Verband der Hersteller organischer und organisch-mineralischer Düngemittel e.V. versichert, dass die von seinen Mitgliedsfirmen hergestellten Dünger durch Auswahl der Rohstoffe und entsprechende Aufbereitungsverfahren im Hinblick auf das Risiko einer Verbreitung des BSE-Erregers unbedenklich sind.

Die verwendeten und deklarierten mineralischen Bestandteile entsprachen bis auf Gesteinsmehle zugelassenen Düngemitteltypen.

In der Düngemittelverordnung ist vorgeschrieben, dass die Aufbereitung zu seuchenhygienisch unbedenklichen Produkten führen muss. Dazu wurde auf einen Befall mit Salmonellen getestet.

Der Gehalt an Chrom ist bei Düngemitteln nach Anlage 1, Abschnitt 3 auf 0,3 % begrenzt. Diese Anforderungen wurden im Rahmen der amtlichen Düngemittelverkehrskontrolle überprüft.

Ergebnisse

Grundlage für die Auswertung ist die Düngemitteltypenliste der Anlage 1 Abschnitt 3 und die in der Anlage 4 der Düngemittelverordnung beschriebenen Toleranzen. Diese Toleranzen werden bei der analytischen Überprüfung der Gehaltsangaben berücksichtigt, da sich Abweichungen aus unvermeidbaren Produktionsschwankungen oder Fehlern bei der Probenahme und im Analysengang ergeben können. Auf die in der Typenliste festgelegten Mindestgehalte an Nährstoffen dürfen keine Toleranzen angewendet werden.

Die Ergebnisse der untersuchten organischen und organisch-mineralischen Düngemittel im Rahmen der Düngemittelverkehrskontrolle sind in der Tabelle 1 dargestellt. Die Angaben beziehen sich auf die untersuchte Grundgesamtheit von 62 Proben.

Tabelle 1: Ergebnisse der Düngemittelverkehrskontrolle

Beanstandungs- gründe	Org. N- Dünger n = 11	Org. NP- Dünger n = 6	Org. NPK- Dünger n = 14	Org.-min. NPK- Dünger n = 31	Anzahl n = 62	
					Beanstandungen n	%
Fehlerhafte Typenbe- zeichnung (Unterschrei- tung der Mindestgehalte)	0	3	1	9	13	21
Abweichung von den typenbestimmenden deklarierten Werten	0	1	5	13	19	31
davon N	0	1	4	4	9	15
P	-	0	1	2	3	5
K	-	-	0	7	7	11
Salmonellenbefund positiv	7	3	1	0	11	18

Auffällig war, dass 13 Proben (21 %) vom Hersteller auf der Verpackung dem falschen Düngemitteltyp zugeordnet wurden. Ursache für die fehlerhafte Typenbezeichnung war die Nichtbeachtung der gesetzlich vorgeschriebenen

Mindestgehalte für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium. Auch die Gehaltsunterschreitung an deklarierten typbestimmenden Einzelnährstoffen war Grund zur Beanstandung (31 %).

Besonders bedenklich ist die Belastung einiger organischer Düngemittel mit Salmonellen, vor allem in Hornprodukten. Nach § 1 Abs. 2 Düngemittelverordnung dürfen Düngemittel und Stoffe nach § 1 Nr. 3 bis 5 des Düngemittelgesetzes, die organische Bestandteile enthalten, gewerbsmäßig nur in den Verkehr gebracht werden, wenn sie in Hinblick auf die Verursachung von Krankheiten bei Mensch oder Tier durch Übertragung von Krankheitserregern unbedenklich sind. Die Inverkehrbringer wurden aufgefordert, die mit Salmonellen belasteten Partien, soweit noch vorhanden, aus dem Verkauf zu nehmen. Die betroffenen Firmen haben ihre Produkte z.T. bundesweit von den Händlern zurückgerufen.

Das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft bereitet derzeit eine weitreichende Änderung der Düngemittelverordnung vor.

Damit soll die Rechtsgrundlage für eine deutliche Erhöhung der Anforderungen an Düngemittel geschaffen werden. Im Änderungsentwurf sind u. a. die Kennzeichnungspflicht von Schadstoffen ab bestimmten Gehalten und die Einführung von Grenzwerten für Schadstoffe vorgesehen. Mit Inkrafttreten der novellierten Düngemittelverordnung wird im nächsten Jahr gerechnet. Aus diesem Grund wurden zusätzlich Schwermetallanalysen in den Düngemitteln vorgenommen.

Die Tabelle 2 enthält die vorgeschlagenen Gehalte für die Kennzeichnungspflicht und die Grenzwerte für ausgewählte Elemente sowie die ermittelten Überschreitungen bei 62 analysierten Proben. Dabei ist zu beachten, dass der Gesetzesentwurf bei Cadmium zwischen einer Kennzeichnungspflicht und der Festlegung von Grenzwerten bei Düngemitteln mit einem Phosphorgehalt unter 2,2 % (unter 5 % P_2O_5) und einem Phosphorgehalt ab 2,2 % (ab 5 % P_2O_5) unterscheidet.

Tabelle 2: Grenzwerte (Auszug) Entwurf der novellierten Düngemittelverordnung
- Stand 07/02 -

	Maßeinheit	Kennzeichnungspflicht ab.....	Grenzwert
Cadmium (Cd) für Düngemittel ab 2,2 % P	mg/kg P	17,4 (9)*	30,5 (6)*
Cadmium (Cd)	mg/kg TM	1,0 (1)*	1,5 (3)*
Blei (Pb)		125	150
Quecksilber (Hg)		0,5	1,0
Kupfer (Cu)		-	70 (1)*
Zink (Zn)		-	1000
Nickel (Ni)		40 (1)*	80

Die Fälle der ermittelten Überschreitungen von 62 analysierten Proben sind mit ()* gekennzeichnet. Im Ergebnis der Schwermetalluntersuchungen ist festzustellen, dass einige Düngemittel sehr hohe Cadmiumgehalte aufweisen.

Von 32 analysierten Proben mit einem Phosphorgehalt **< 2,2 %** lagen

- 1 Probe > 1,0 mg Cd/kg TM (Kennzeichnungspflicht) und
- 3 Proben > 1,5 mg Cd/kg TM (Grenzwertüberschreitung)

Von 30 analysierten Proben mit einem Phosphorgehalt **ab 2,2 %** lagen

- 9 Proben > 17,4 mg Cd/kg P (Kennzeichnungspflicht) und
- 6 Proben > 30,5 mg Cd/kg P (Grenzwertüberschreitung)

In je einer Probe wurde der vorgeschlagene Kennzeichnungswert für Nickel erreicht und der Grenzwert für Kupfer überschritten. Die analysierten Gehalte für Blei, Quecksilber, Zink und Nickel lagen deutlich unter den vorgeschlagenen Grenzwerten der Verordnung. Der Verordnungsentwurf sieht für Chrom keinen Grenzwert vor. Der Chromgehalt lag in allen Proben weit unter dem derzeit zulässigen Gehalt von 0,3 %.

Fazit

- Die Kontrolle der organisch und organisch-mineralischen Düngemittel (vorwiegend Obst- und Gemüsedünger) nach Anlage 1 Abschnitt 3 der Düngemittelverordnung zeigte eine hohe Beanstandungsrate. Die gesetzlichen Vorgaben der Düngemittelverordnung wurden nur unzureichend von den Herstellern umgesetzt.
- Die Düngemittel weisen teilweise sehr hohe Cadmiumgehalte auf. Von den untersuchten Düngemitteln überschreiten 15 % den Cadmiumgrenzwert des Entwurfes der novellierten Düngemittelverordnung (Stand 07/02). 16 % der Düngemittel unterliegen bei Cadmium der Kennzeichnungspflicht.
- Die im Rahmen dieser Auswertung festgestellten Verstöße gegen das Düngemittelrecht wurden von dem jeweils zuständigen Bundesland geahndet (Salmonellen). Ansonsten sind die Hersteller über Deklarationsmängel, Nährstoffuntergehalte und über teilweise erhöhte Cadmiumgehalte informiert worden.
- Die Kontrolle von Düngemitteln in Bau- und Gartenmärkten als ein wichtiger Beitrag zum Umwelt- und Verbraucherschutz muss in beiden Bundesländern verstärkt werden.

Beiträge der Sekundärrohstoffdünger Klärschlamm und Biokompost zur N-,P-,und C-(Humus-) Bilanz der (nicht-) nachhaltigen Landwirtschaft von Deutschland

Isermann, Renate (Hanhofen)¹; Isermann, Klaus

EINLEITUNG

Die umsetzbare organische Bodensubstanz (OBS) und dementsprechend die Zufuhr reproduzierbarer organischer Substanz (ROS) durch Erntereste, Wirtschaftsdünger- und wie hier dargelegt werden soll- auch durch die Sekundärrohstoff-Dünger (SERO-Dünger) Klärschlamm und Biokompost sind für die C-, N, P- (und S-)Haushalte landwirtschaftlich genutzter Böden und ihrer optimalen Gestaltung von großer Bedeutung.

METHODEN

Die hier angegebenen Mengen und Nährstoff-Gehalte von Klärschlamm und Biokompost gehen zurück auf Angaben von Bannick et al. (200), Mönicke und Kühn (2001), ATV-DVWK (2002).

ERGEBNISSE, DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Im Gegensatz zu P unterliegen C und N (sowie S) insbesondere in Ackerböden keiner dauerhaften [Zeithorizont > 50 Menschengenerationen = 1000-1500 a] Immobilisierung (Retention), sondern müssen zur Aufrechterhaltung ihres Versorgungszustandes in Höhe der Austräge durch Ernten (N) und Emissionen (C und N) durch entsprechende Humusreproduktion (Humusersatzleistung) ausgeglichen werden. Hinsichtlich C und N betreibt der Ernährungsbereich mit Landwirtschaft, Humanernährung sowie Abwasser- und Abfallwirtschaft exhaustive Wirtschafts- und Lebensweisen, d.h. bislang (1988/98) gelangten sowohl in Deutschland als auch in der EU (12) nur ca. 1% des in der Landwirtschaft insgesamt eingetragenen Nährstoffs durch Klärschlamm (und Biokomposte) in diese zurück (Isermann 2002, ATV-DVWK 2002), bei allerdings bis 1999 zunehmender Tendenz. Wie **Tab. 1** verdeutlicht, entsprechen die SERO-Dünger Klärschlamm und Biokompost:

1. potentiell mit einem jährlichen Anfall von 2677 bzw. 3933 = 6610 kt TM SERO-Dünger hinsichtlich der:

1.1 Humusreproduktion mit 3037 kt ROS = 187 kg ROS /ha LF_{Netto} dem Stallmist-Anfall von 1,52 Mio GV entsprechend 11 bzw. 18% des gegenwärtigen (2000) nichtnachhaltigen (14,3 Mio GV) bzw. zukünftig (2015) nachhaltigen (8,2 Mio. GV) Viehbestandes (Isermann 2002)

¹ eMail: isermann.bnla@t-online.de

1.2 N-Zufuhr bei:

a) gegenwärtig (1996/98) nichtnachhaltiger N-Elimination durch (De-)Nitrifikation der kommunalen Abwasserbehandlung mit **164 kt N = 10 kg N /ha LF_{Netto}** dem Stallmist-Anfall von 2,05 Mio. GV entsprechend 14 bzw. 25% des o.e. gegenwärtig nichtnachhaltigen bzw. zukünftig nachhaltigen Viehbestandes.

Tab. 1: Potentielle und aktuelle Anteile der Sekundärrohstoff-Dünger Klärschlamm und Biokompost an der jährlichen Humus-Reproduktion sowie N und P-Zufuhr der Landwirtschaft in Deutschland

[in kt/a und GV-Äquivalenten bei optimaler Humusreproduktion von 100 dt Stallmist-FM/a mit 2 t reproduzierbarer organischer Substanz (ROS)

= 1 GV mit 80 kg N/a und 16 kg P/a]

Sekundärrohstoff-Dünger:	A) Klärschlamm (1996)			B) Biokompost (1998)			C) Klärschlamm <u>und</u> Biokompost (1996/98)				
Gehalte: TM (%) 2 t ROS N (% TM) P (% TM)	5,0 = 5 t TM Ø = 4 / LW: ungekalkt: 5 ¹⁾ 2,0			60 ¹⁾ = 4 t TM 1,3 0,3			Viehbestände: 1. Ist-2000: 14,3 Mio. GV/0,88 GV/ha LF_{Netto} = 0,17 GV/Einwohner [100] 2. Soll-2015: 8,2 Mio. GV/0,51 GV/ha LF_{Netto} = 0,10 GV/Einwohner [57] (Isermann u. Isermann 1999)				
¹⁾ ATV-DVWK (2002) ²⁾ Bannick et al. (UBA 2001) LF _{Netto} = 16,2 Mio. ha (2000)	kt	kg/ha LF _{Netto}	GV- Äquiv. [Mio.]	kt	kg/ha LF _{Netto}	GV- Äquiv. [Mio.]	kt	kg/ha LF _{Netto}	GV-Äquivalente		
									Mio.	Relativ (=100) zu:	
										Ist-2000	Soll-2015
1. Potentielle Anteile = Anfall (kt) TM ...davon:											
1.1 Humus-Reproduktion(ROS)	2677[100]	-	-	3933 ²⁾ [100]	-	-	6610 [100]	-	-	-	-
1.2 N-Zufuhr	1070 (35)	66	0,535	1967 (65)	121	0,983	3037 (100)	187	1,518	(11)	(18)
1.3 P-Zufuhr	108 (66)	7	1,350	56 (34)	3	0,700	164 (100)	10	2,050	(14)	(25)
	54 (79)	3	3,375	14 (21)	1	0,875	68 (100)	4	4,250	(30)	(52)
2. Aktuelle Anteile = Verwertung Landwirtschaft (kt) TM ...davon:											
2.1 Humus-Reproduktion(ROS)	1240 [46]	-	-	892 [39]	-	-	2132 [32]	-	-	-	-
2.2 N-Zufuhr	496 (52)	31	0,248	446 (48)	27	0,223	942 (100)	58	0,471	(3)	(6)
2.3 P-Zufuhr	62 (83)	4	0,775	12 (17)	1	0,150	74 (100)	5	0,952	(6)	(11)
	25 (89)	2	1,563	3 (11)	> 0	0,188	28 (100)	2	1,779	(12)	(22)

b) Bei zukünftig (2015) nachhaltiger Abwasserbehandlung anstelle durch (De-)Nitrifikation nunmehr durch 80%ige N-Assimilation (**Tab. 2**) entspricht die potentielle N-Zufuhr durch SERO-Dünger mit **336 kt N = 20 kg N/ha LF_{Netto}** dem Stallmist-Anfall von 4,20 Mio. GV entsprechend 29 bzw. 51 % des o.e. gegenwärtig nichtnachhaltigen bzw. nachhaltigen Viehbestandes.

Tab. 2: Jährliche N-Rückgewinnung im Klärschlamm durch Assimilation bei:
A) Nichtnachhaltiger N-Elimination durch (De-)Nitrifikation (1996/98)
B) Nachhaltiger „vollständiger“ Assimilation (80% vom N-Input) im kommunalen Abwasserbereich von Deutschland (2015)
C) sowie unter Einbezug von Biokompost (s. Tab. 1)
D) und das sich daraus ergebende N-Anlieferungspotential durch Sekundärrohstoff -(SERO-) Dünger für die deutsche Landwirtschaft

	A) Nichtnachhaltige N-Elimination durch (De)nitrifikation (1996/1998)	B) Nachhaltige „vollständige“ N-Assimilation (2015)
Autoren	ATV / DVWK (2002)	BNLA (hier: 2002)
1. Input (Zulauf) [kt N]	82,1 Mio. Einwohner (E) % 12 g N/Ed x 365 d) = 350 kt N (100)	
2. Output (kt N)	350 kt N (100)	
...davon:		
2.1 Ablauf	135 (39)	70 (20)
2.2 Elimination	215 (61)	< 280 (< 80)
...davon durch:		
2.2.1 (De-)Nitrifikation	107 (30)	> 0
2.2.2 Assimilation im Klärschlamm	108 (31)	< 280 (< 80)
= kg N/ha LF	7	17
= Mio. GV-Äquiv.	1,35	3,50
C) Biokompost (kt N) (s. Tab. 1)	56	56
= kg N/ha LF	3	3
= Mio. GV-Äquiv.	0,70	0,70
D) N-Anlieferungspotential durch SERO-Dünger (kt N)	164	~ 336
= kg N/ha LF	10	20
= Mio GV-Äquiv.	2,05	4,20
	= 14% Ist-GV (2000)	= 29% Ist-GV (2000)
	= 25% Soll-GV (2015)	= 51% Soll-GV (2015)

Re0445

1.3 P-Zufuhr mit 68 kt P = 4 kg/ha LF_{Netto} dem Stallmist-Anfall von 4,25 Mio. GV entsprechend 30 bzw. 52% des o.e. gegenwärtigen nichtnachhaltigen bzw. zukünftig nachhaltigen Viehbestandes.

2. aktuell bei einer gegenwärtigen jährlichen landwirtschaftlichen Verwertung des Klärschlammes mit 1240 kt TM von 46% und des Biokompostes von 892 kt TM von 39% und gesamthaft von 2132 kt von 32% hinsichtlich der:

2.1 Humusreproduktion mit 942 kt ROS = **58 kg/ha LF_{Netto}** dem Stallmist-Anfall von 0,47 Mio. GV entsprechend 3 bzw. 6% des o.e. gegenwärtigen nichtnachhaltigen bzw. zukünftig nachhaltigen Viehbestandes

2.2 N-Zufuhr mit 74 kt N = **5 kg/ha LF_{Netto}** dem Stallmist-Anfall von 0,95 Mio. GV entsprechend 6 bzw. 11% des o.e. gegenwärtigen nichtnachhaltigen bzw. zukünftig nachhaltigen Viehbestandes

2.3 P Zufuhr mit 28 kt P= **2 kg P/ha LF_{Netto}** dem Stallmist-Anfall von 1,78 Mio. GV entsprechend 12 bzw. 22% des o.e. gegenwärtigen nichtnachhaltigen bzw. zukünftig nachhaltigen Viehbestandes.

In der Reihenfolge Humusreproduktion < N-Zufuhr < P-Zufuhr ansteigend, sind also die hinsichtlich Schadstoffe (z.B. Xenobiotika, Prionen, Schwermetallen) einwandfreien SERO-Dünger sowohl in vieharmen oder gar viehlosen Regionen (Mönicke und Kühn 2001, ATV-DVWK 2002) als auch – wie hier dargestellt – für eine zukünftig nachhaltige Landwirtschaft mit einem entsprechend gegenüber heute um 43% vermindertem nachhaltigem Viehbestand (**Tab. 1**) wichtige Dünger zur Aufrechterhaltung optimaler Humus-, N- und P-Versorgungszustände landwirtschaftlich genutzter Böden. **Potentiell vermögen die SERO-Dünger gesamthaft innerhalb einer zukünftig (2015) nachhaltigen Landwirtschaft mit jährlich je ha LF_{Netto} von 0,19 t ROS bzw. 10 kg N ca. 10% des Bedarfes von 2 t ROS bzw. 100 kg N beizubringen, jedoch mit 4 kg P ca. 50% des P-Bedarfes von 10 kg P bei dann noch tolerierbaren jährlichen N- bzw. P-Überschuss-Salden von 45 kg N/ha LF_{Netto} bzw. 1,0 kg P/ha LF_{Netto} (Tab. 1 und 2, Isermann 1996, 1999).** In gleicher Weise dienen diese SERO-Dünger dem Schutz der Ressourcen an Energie und Mineraldüngerphosphat, wobei letzteres nur noch ca. 100 Jahre, Cd-armes Phosphat gar nur noch 30 Jahre ausreicht. Zudem werden bei der landwirtschaftlichen Verwertung z.B. von Klärschlamm heute (2000) gegenüber seiner Verbrennung ca. 70 €/t TM (vgl. 1998: 280€/t TM) eingespart (Klages-Haberkorn et al 2000). Doch auch die weitestgehende Ausnutzung der G- und N-Potentiale im Klärschlamm (und schon gar nicht in den Biokomposten, da diese externe Nährstoffzufuhren darstellen) versetzt den Ernährungsbereich allein nicht in die Lage,

seine exhaustive Lebens- und Wirtschaftsweise entscheiden zu verbessern und das gesamte Nährstoffniveau auf ein notwendiges ökologisch, sozial und ökonomisch tragbares nachhaltiges Niveau mit entsprechenden Nährstoffüberschüssen abzusenken, auch unter Einschluss aller übrigen technokratischen Lösungsansätze. Ausschlaggebend hierfür ist hingegen eine am einheimischen Konsumenten ansetzende, bedarfsorientierte Konsumtion, insbesondere an tierischen Nahrungsmitteln (Suffizienzprinzip der Nachhaltigkeit) und eine darauf abgestimmte Produktion der einheimischen Landwirtschaft.

Novellierungsbedürftig sind die maximal tolerierbaren Aufbringungsmengen der SERO-Dünger und dementsprechend auch die betreffenden Verordnungen. Auch unter Berücksichtigung der Nährstoff-Verfügbarkeiten werden gemäß AbfKlV mit jährlich max. 1,67 t TM Klärschlamm/ha LF mehr als das 3fache des tolerierbaren an N und P ausgebracht und gemäß der BioAbfV mit jährlich max. 10t TM Biokompost/ha LF ca. das 5fache des tolerierbaren an ROS, N und P (**Tab. 3**). Daraus leiten sich **maximal tolerierbare jährliche Aufwandsmengen von 0,5 t TM Klärschlamm bzw. 2 t Biokompost je düngungswürdigem ha AF ab**, welche zur optimalen Steuerung der Nährstoffanlieferung mit Mineraldüngern regional mit **1. Priorität** (2. Priorität: Wirtschaftsdünger, 3. Priorität: Mineraldünger) maximal nur ca. 2/3 des ROS-, N- (und P-)Düngebedarfes entsprechen sollten. Dringlich ist die weitere Senkung der Verunreinigungen von SERO-Düngern und Böden mit Xenobiotika, Prionen, Schwermetallen etc. auch über andere Eintragspfade wie z.B. Atmosphäre, Abwasser, Futtermittel, Pflanzenschutzmittel, Wirtschaftsdünger und Mineraldünger mit entsprechend offenen Deklarationen.

Tab 3: Maximal tolerierbare jährliche SERO-Düngungsempfehlungen in der Landwirtschaft für:

1. Klärschlamm

2. Biokompost

A) Nichtnachhaltig nach AbfKlärV bzw. BioAbfV

B) Nachhaltig nach BNLA (hier: 2002) mit entsprechenden tolerierbaren Ausbringungsmengen an C (ROS), N und P und unter Berücksichtigung der Nährstoff-Entzüge sowie optimaler organischer Bodensubstanz [OBS,

Cums: 0,4

(0,2-0,6%), Nums: 0,04 (0,02-0,06)%] und optimaler P-Versorgung der Böden [CAL

bzw. DL: 4,5-9,0 mg P/100g Boden]

Anlieferung / Entzüge / Empfehlungen [AF (2000): 11,8 Mio. ha]	N ä h r s t o f f e		
	C [t ROS / ha LF]	N [kg / ha LF]	P [kg /ha LF]
Pflanzenproduktion (Entzüge):			
a) Fruchtfolge (Marktfreiebetriebe) (Ø 1995/99)	- 3,3 (Stroh)	104	21
b) Deutschland (1995)	k. A.	28	6
Tierproduktion:			
Anfall: 1 GV-Äquivalent	2	80	16
... und dementsprechende Entzüge:			
a) Veredlungsbetrieb z.B.:			
- 6127 kg Milch (2000)	k. A.	32	6
- 6,25 MPL Mast Schweine	k. A.	14	6
b) Deutschland (1995)	k. A.	16	< 3
SERO-Düngungsempfehlungen:			
1. Klärschlamm (2677 kt)			
A. Nichtnachhaltig: 1,67 t TM (AbfklärV)	0,67	83	33
= GV-Äquivalenten	0,3	1,0	2,1
Erforderliche AF: 1,60 Mio ha = 14% AF			
B. Nachhaltig: 0,50 t TM¹⁾ (BNLA)	0,20	25	10
= GV-Äquivalenten	0,1	0,3	0,6
Erforderliche AF: 5,35 Mio ha = 45% der AF			
2. Biokompost (3933 kt)			
A. Nichtnachhaltig: (1,7-)10 t TM) (BioAbfV)	5	130	30
= GV-Äquivalenten	2,5	1,6	1,9
B. Nachhaltig: 2,00 t TM²⁾ (BNLA)	1	26	6
= GV-Äquivalenten	0,5	0,3	0,4
Erforderliche AF: 1,97 Mio ha = 17% AF			
1), 2) Vergleiche: 1 Landwirt versorgt 119 Einwohner (2000) mit einem Anfall von 3,9 t TM Klärschlamm = 7,80 ha AF bzw. 5,7 t TM Biokompost = 2,85 ha AF zur Entsorgung			

Re0446

LITERATUR

ATV-DVWK-Arbeitsbericht (2002): Stickstoffbilanz in Deutschland: Landwirtschaft-Futtermittel- und Ernährungsindustrie-Abwasser- und Abfallentsorgung. Hrsg.: ATV-DVWK, 53773 Hennef, 84 S.

Bannick, C.G. et al. (2001): Grundsätze und Maßnahmen für eine vorsorgeorientierte Begrenzung von Schadstoffeinträgen in landbaulich genutzte Böden, UBA-Texte 59/01, 126 S.

Isermann, K. (1996): Entlastung der Nährstoff-Bilanz einer zukünftig nachhaltigen Landwirtschaft durch umweltverträgliche Gewinnung und Anwendung kommunaler Sekundärrohstoffe. Kongressband 1996, VDLUFA-Schriftenreihe 44, 493-496

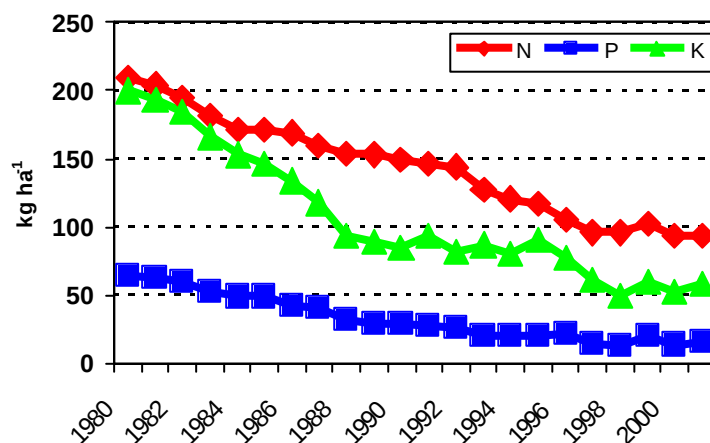
- Isermann, K. (1999): Nachhaltige Abwasser- und Abfallwirtschaft. Mitteilungen aus der NNA 1/99, 122-136
- Isermann, K. (2002): Die Stickstoff-Flüsse im Ernährungsbereich von Deutschland unter besonderer Berücksichtigung der Landwirtschaft. KTBL-Schrift 406, 28-47
- Klages-Haberkern, S., Schultheiß, U. und H. Döhler (2000): Zum Stand der Klärschlammverwertung in Deutschland. Kongressband 2000, VDLUFA-Schriftenreihe 55, Teil 4, 227-235
- Mönicke, R. und I. Kühn (2001): Die Zukunft der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung vor dem Hintergrund der EU-Klärschlammrichtlinie. Tagungsband Landesgruppentagung Weimar, Juni 2001, 7-19

Ressourcenschutz und Qualitätssicherung im süddeutschen Zuckerrübenanbau

Horn, Dietmar (Ochsenfurt)¹; Lang, Christian (Worms)

Ressourcenschutz und Qualitätssicherung sind wichtige Aufgaben im süddeutschen Zuckerrübenanbau. Bei der Zuckerrübe ist die Qualität des Ernteprodukts durch eine bedarfsgerechte Düngung zu verbessern. Die Optimierung der Düngung zielt aber auch auf ein effizientes und nachhaltiges Wirtschaften, das weniger Ressourcen verbraucht und die Umwelt schont. Für die Qualität der Zuckerrübe sind der Zuckergehalt, α -Amino-Stickstoff, Kalium und Natrium von hoher Bedeutung. Diese Parameter lassen sich durch die Düngung beeinflussen. Zur Anpassung der Düngung an die spezifischen Anforderungen wurde eine intensive Versuchstätigkeit mit Feldversuchen aufgebaut. Nach Prüfung verschiedener Düngeberatungssysteme in den 70er Jahren wurde 1982 die Düngeberatung nach der EUF-Methode in die landwirtschaftliche Praxis eingeführt. Die Untersuchung erfolgt in Routine auf die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Schwefel, Natrium und Bor. Seit der Einführung wurden insgesamt ca.1 Million Bodenproben auf ihre Nährstoffe untersucht und Düngeempfehlungen ausgesprochen. Dies belegt eine außergewöhnlich hohe Akzeptanz in der landwirtschaftlichen Praxis. Die Düngeempfehlungen zu Zuckerrüben betragen heute je nach Region im Mittel 80 bis 120 kg N ha⁻¹.

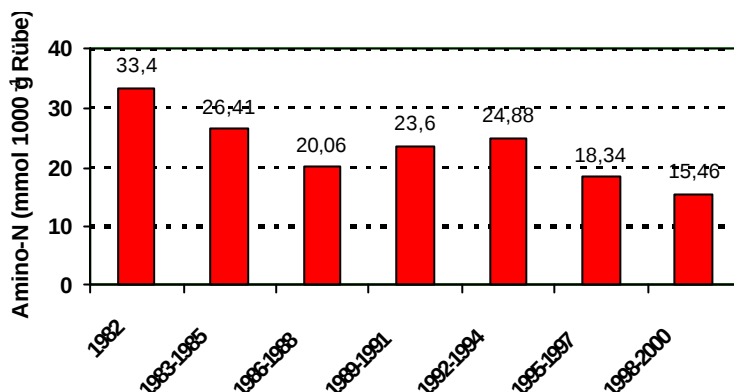
Abbildung 1: Aufwandmengen aus Handelsdünger im Zuckerrübenanbau von 1980 – 2001 von Testbetrieben im Verband Süddeutscher Zuckerrübenanbauer



Die schlagspezifischen Düngeempfehlungen reichen von 30 bis 160 kg N ha⁻¹. Verglichen mit der N-Düngung zu Beginn der 80er Jahre ergibt sich eine Halbierung der Stickstoffdüngung. Auch die P- und K-Düngung wurde gesenkt. Die Reduzierung der Düngung bei gleichzeitiger Steigerung des Rübenenertrags mit besserer Qualität erhöhte den Zuckerertrag je Hektar und somit den wirtschaftlichen Erfolg bei den Landwirten.

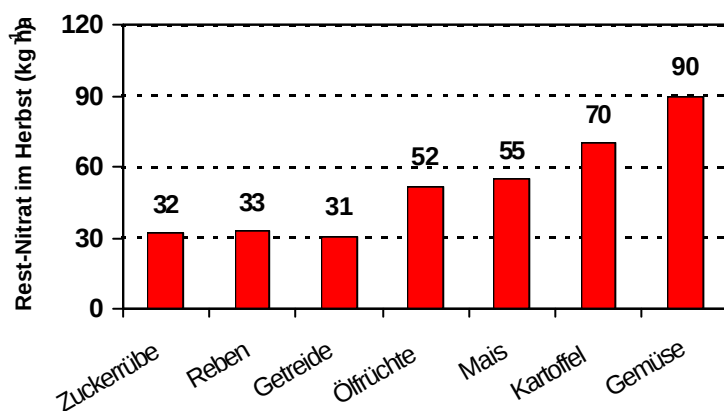
¹ eMail: dietmar.horn@suedzucker.de

Abbildung 2: Entwicklung der Amino-N-Gehalte bei Zuckerrüben (Südzucker AG 1982 - 2000 im 3-jährigen Mittel)



Die Zuckerrüben zählen heute zu den Ackerkulturen mit den niedrigsten Restnitratgehalten. Unterstützt wird die Qualitätssicherung durch die Untersuchung der Rüben auf die qualitätsbeeinflussenden Parameter α -Amino-N, Kalium und Natrium. Jede der jährlich ca. 500.000 Rübenlieferungen werden auf diese Melassebildner untersucht.

Abbildung 3: Rest-Nitrat (Mittel 1992 - 1995) nach verschiedenen Kulturen in Baden-Württemberg (SchALVO-Bericht 1996)



Im Ergebnis wurde die Qualität der Zuckerrüben verbessert, die Effizienz des Rübenanbaus erhöht, die Ressourcen geschont und die Nachhaltigkeit der Produktion gesichert.

Hydro-N-Tester Anwendung zu Winterweizen in Österreich

Hösch¹, Johannes (Wien); Dersch, Georg

Einleitung:

Der Einsatz von Stickstoffdüngern stellt den Landwirt immer wieder vor die Frage in welcher ökologisch und ökonomisch optimalen Höhe die Stickstoffdüngung zu bemessen ist. Der Landwirt ist mit laufend sinkenden Produktpreisen, die die gesamten Produktionskosten kaum abdecken, mit steigenden Qualitätsansprüchen des Marktes und mit der Forderung nach umweltgerechter Bewirtschaftung von Seiten der Konsumenten konfrontiert. Deshalb werden in Österreich die im Rahmen des Umweltprogramms angebotenen Reduktionsmaßnahmen - mit einer maximalen N-Düngermenge von 130 kg/ha bei Weizen - stark angenommen.

Die Verteilung der N-Gaben im Verlauf der Vegetation um vor allem die geforderte Qualität sicherzustellen und ohne dabei allzu große Ertragseinbußen zu erleiden, ist daher von großem praktischem Interesse. Die Empfehlungen nach den "Richtlinien für die sachgerechte Düngung (RLSD)" des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz gelten als wichtigste Entscheidungsgrundlage in Österreich. Dabei wird je nach Vorfrucht, organischer Düngung und Ertragslage ein Richtwert für den mineralischen N-Ergänzungsbedarf ermittelt. Mit der Anwendung des N_{min} -Verfahrens kann die N-Empfehlung wesentlich verfeinert werden. Wegen des hohen Arbeits- und Organisationsaufwandes hat N_{min} nur im Gemüsebau Bedeutung erlangt.

Für die Bestimmung der N-Gaben zum Schossen und Ährenschieben bei Winterweizen wird in Österreich seit mehreren Jahren der Hydro-N-Tester verwendet. In den dazugehörigen Empfehlungstabellen ist einem sortenkorrigierten Messwert eine bestimmte N-Menge zugeordnet, die beim Schossen bis 100 kg und beim Ährenschieben bis 90 kg reicht. Ertragsniveau und Qualitätsziel bleiben unberücksichtigt. Die für das Messsystem notwendigen Sortenkorrekturwerte werden im Zuge der Sortenwertprüfung ständig aktualisiert. Bereits im ersten Jahr der Anwendung in Österreich wurde klar, dass die so ermittelten N-Gaben vor allem im Trockengebiet deutlich über den üblicherweise verabreichten und empfohlenen N-Mengen liegen. Deshalb war es notwendig die Empfehlungen an die österreichischen Verhältnisse anzupassen.

Material und Methode

Auf Praxisschlägen wurden in den vergangenen 3 Jahren insgesamt über 30 Versuche in den bedeutendsten Weizenproduktionsgebieten durchgeführt. In den Versuchen wurden jeweils 10 Objekte mit 3 Wiederholungen geführt. Zur Ermittlung des standörtlichen Ertragspotentials wurde eine N-Steigerungsreihe geführt. Die restlichen Prüfglieder wurden zu Vegetationsbeginn nach N_{min} angedüngt. Beim Schossen (EC 30/32) und Ährenschieben (EC 37/51) wurden Messungen mit dem Hydro-N-Tester durchgeführt. Auf Basis der zur Verfügung stehenden N-Tester Tabellen wurden die Düngermengen ermittelt. Eine Variante wurde nach diesen Empfehlungen gedüngt. Bei den verbleibenden 5 Objekten wurden in Kombination beim Schossen und beim Ährenschieben Abschlüsse bei der Düngermenge

1 Dipl. Ing. Johannes Hösch und Dr. Georg Dersch, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Landwirtschaftliche Untersuchung und Forschung Wien, Institut für Agrarökologie, Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien. eMail: jhoesch@bfl.at

vorgenommen. Unter Einbeziehung der Ertrags- und Proteinerggebnisse wurden Empfehlungen für die österreichischen Verhältnisse erarbeitet.

Ergebnisse

- In Österreich erfolgt die Weizenproduktion überwiegend in zwei klimatisch unterschiedlichen Regionen, dem schwach semi-ariden Klimagebiet (rund 550 mm Jahresniederschlag -Trockengebiet) und im mäßig bis schwach humiden Gebiet (rund 900 mm Jahresniederschlag - Alpenvorland). Die Unterschiede in der Weizenproduktion in den zwei Gebieten wurden in Dersch und Hösch (VDLUFA Kongressband 2001, S. 169-176) beschrieben. Auch bei der Erarbeitung der Hydro-N-Tester Empfehlungen wurde auf diesen Umstand Rücksicht genommen.

Tabelle 10: Ertrag (dt/ha), Proteingehalt (%), N-Entzug (kg/ha), N-Düngung (kg/ha), N-Effizienz (%) und N-Saldo (kg/ha) bei unterschiedlichen N-Empfehlungsverfahren auf schwach semi-ariden (Trockengebiet) und mäßig bis schwach humiden Standorten (Alpenvorland).

	Trockengebiet: ohne N: 55,9 dt/ha, 12,9 %				Alpenvorland. ohne N: 51,5 dt/ha, 9,8 % RP			
	RLSD ¹⁾	N _{min} ²⁾	HNT-1 ³⁾	HNT-2 ⁴⁾	RLSD	N _{min}	HNT-1	HNT-2
Ertrag	61,6	62,4	64,3	64,3	85,8	85,3	85,5	85,9
Proteingehalt	15,8	15,5	15,9	15,5	12,5	12,5	13,6	13,3
N-Entzug	146	145	154	150	162	161	175	172
1. N-Gabe	32	22	16	16	55	55	43	43
2. N-Gabe	35	30	49	31	48	48	70	50
3. N-Gabe	35	28	43	32	48	48	75	63
N-Gesamt	102	80	108	79	151	151	188	155
N-Effizienz	38	46	38	44	58	57	53	62
N-Saldo	-43	-63	-46	-58	-12	-11	12	-17

¹⁾ Richtlinien für die sachgerechte Düngung; ²⁾ N_{min}-Methode; ³⁾ Hydro-N-Tester Empfehlungen - original;

⁴⁾ Hydro-N-Tester Empfehlungen - adaptiert

Nach den Richtlinien für die sachgerechte Düngung (RLSD) ergaben sich im Trockengebiet Empfehlungen von 102 kg/N pro ha. Dies führte zu Erträgen von 61,6 dt/ha bei Rohproteingehalten von deutlich über 15% (Tabelle1). Im Alpenvorland wurden bei einem NEinsatz von 162 kg/ha Erträge von 85,8 dt/ha und Rohproteingehalte von 12,5 % erreicht. Die Effizienz (entspricht dem N-Ausnutzungsgrad nach der Differenzmethode) der N-Düngung lag im Trockengebiet bei 38% und im Alpenvorland bei 58%. Gerade die Effizienz des eingesetzten N-Düngers ist ein Kriterium, das neben dem Ertrags- und Qualitätsziel im Hinblick auf Umweltrelevanz und Wirtschaftlichkeit verstärkt beachtet werden muss. Wie die Ergebnisse zeigen, konnte eine Steigerung der Effizienz bei Verwendung der ursprünglichen N-Tester Empfehlungen nicht erreicht werden (wurde im Alpenvorland deutlich geringer). Durch die Reduzierung der N-Tester Empfehlungen sowohl beim Schossen als auch beim Ährenschieben kam es zu einer Steigerung der Effizienz um bis zu 6%. Auffällig ist, dass beim Einsatz des Hydro-N-Testers - Originalempfehlungen oder reduziert - es zu einer Verschiebung der Düngermengen hin zu der 2. und 3. Gabe gegenüber den bisherigen Empfehlungen kommt. Dies wirkt sich besonders

im Alpenvorland auf die Absicherung der Qualität - Proteingehalte über 13% - aus.

- Die bei den Versuchen erzielten Ergebnissen zeigen weiters: Mittlere und sehr hohe pflanzenverfügbare N-Bodenvorräte, die durch die Vorfrucht oder das standörtliche N-Mineralisierungspotential bedingt sind, werden vom Weizen im Vegetationsverlauf aufgenommen. Sie werden vom Hydro N-Tester angezeigt und führen zu einer vergleichbaren Verminderung der gesamten N-Düngermenge wie bei der $N_{\min}$ -Methode (Abbildung 13). Hingegen werden überhöhte N-Gaben zu Vegetationsbeginn, wenn der N-Bedarf und die N-Aufnahmerate des Weizens noch gering sind und diese N-Mengen überwiegend von den Bodenmikroorganismen der obersten Bodenschichten gebunden und immobilisiert werden, vom N-Tester kaum angezeigt. Die größten Effizienzsteigerungen werden mit dem Hydro N-Tester auf Standorten erzielt, wo die Steigerung des verfügbaren N-Bodenvorrates durch eine günstige Vorfrucht (Leguminosen, Gemüse,...) bzw. die Höhe der N-Nachlieferung durch regelmäßige organische Düngung nur vage abgeschätzt werden kann.

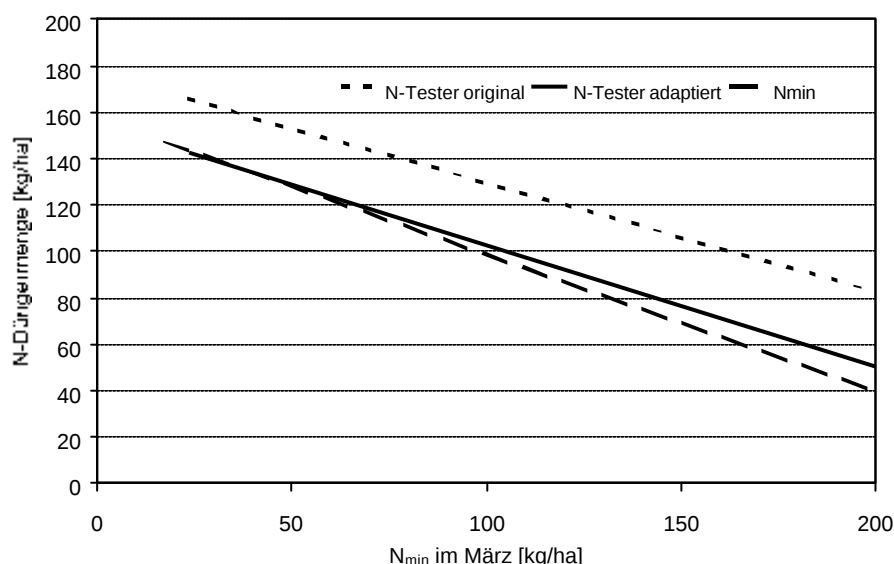


Abbildung 13: Beziehung zwischen $N_{\min}$ -Gehalt im März und der empfohlenen N-Düngermenge nach unterschiedlichen Verfahren.

- Aufbauend auf diese Ergebnisse wurde eine für die Österreichischen Verhältnisse abgestimmte N-Tester-Empfehlungstabelle erarbeitet (Tabelle 2). Die Unterschiede zur Originaltabelle liegen bei der Gabe im Stadium EC30/32 im niedrigen Messwertbereich bei um bis zu 30 kg verringerten N-Gaben, bei höheren Werten decken sich die Empfehlungen. Eine Differenzierung nach dem Produktionsgebiet bzw. Produktionsziel (Qualitätsweizen oder Mahlweizen) war nicht erforderlich.
- Zum Ährenschieben wurden je nach Produktionsziel (Qualitätsweizen von 60-70 dt mit 14,5% Protein; Mahlweizen: 75 - 85 dt und 13,0%) zwei unterschiedliche Tabellen entwickelt. Im niedrigen Messwertbereich sind die bis zu 30 kg unterschiedlichen N-Empfehlungen zwischen den zwei Tabellen primär durch das Ertragsniveau begründet, bei höheren Messwerten kommt es allmählich zu einer Angleichung. Für die Absicherung höherer Proteingehalte bei Qualitätsweizen erfolgt bei höheren Messwerten noch eine mäßige N-Düngung. Wird die

Produktion von Premiumweizen (über 15% Protein) angestrebt, sind die N-Gaben der Tabelle für Qualitätsweizen durchgehend bis zum Messwert 685 um 10 bis 15 kg N/ha zu erhöhen.

Tabelle 11: N-Düngeempfehlungen zum Schossen und Ährenschieben nach dem Hydro-N-Tester für Österreich

Schossen (EC 30/32)		Ährenschieben (EC 37/51)			
Keine Differenzierung nach Produktionsziel		Qualitätsweizen (über 14 % Protein bei 6 - 7 t Ertrag)		Mahlweizen (über 12,5 % Protein bei 7,5 - 8,5 t Ertrag)	
Messwert	kg N/ha	Messwert	kg N/ha	Messwert	kg N/ha
> 665	0	> 685	0	> 665	0
665 – 621	20	685 – 651	20	665 – 643	20
620 – 593	30	650 – 616	30	642 – 626	30
592 – 566	40	615 – 581	40	625 – 609	40
565 – 536	50	580 – 542	50	608 – 591	50
535 – 510	60	< 542	60	590 – 573	60
< 510	70			572 - 555	70
				< 555	80

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich bei der Anwendung des N-Tester-Düngesystems die N-Gabenverteilung tendenziell bis deutlich zu den späteren Terminen verschiebt. Standorte mit einem hohen verfügbaren N-Bodenvorrat werden deutlich angezeigt. Das Qualitätsziel wird mit größerer Sicherheit und effizienter erreicht. Insbesondere auf Standorten, wo bisher die Einschätzung der N-Nachlieferung aus dem Boden (Leguminosenvorfrucht, regelmäßige organische Düngieranwendung) nur schwer möglich und unsicher war, ist die Verwendung des N-Testers als wertvolles, ergänzendes Hilfsmittel anzusehen.

The Coincidental Pattern in Spatial Nitrogen Fertilization Requirement of Cereals

Mohd Noor, Mohamed (Braunschweig); Schnug, Ewald

The green color of plants is a good indicator of the health and nitrogen (N) content which may help to conclude on the N-supply. The approach is getting the site-specific signals for N top dressing from the color of the plants taking into consideration that with increasing N supply the color changes from yellow-green to blue-green. These data was used for further analysis in numerous ways of mathematical and statistical combinations in correlation to plant based indicators mainly N in plant and dry matter at different growth stages. The spectrometric data expressed as the REIP (red edge inflection point; Guyot and Baret, 1988) showed significant correlation with r^2 up to 0.75*** between the REIP calculated and N-measured. This information was further used to develop maps of N content which provided information for indexing N nutrition adequacy of cereals across the field. Such maps can also be used to forecast N-fertilizer requirements.

Grain yield and grain protein relationships were consistent with the first year (2000) winter wheat investigations indicating that protein concentrations at harvest provided a method for indexing N nutrition adequacy (deficiency vs. sufficiency) in winter wheat plant. A protein level at 13.1 % was achieved with the variable rate treatment (sensor based), and 13.2 % with the uniform rate treatment (farmer current knowledge). Both values achieved were passing the standard protein level of 13 % demanded in Germany. However, these values were below 13.9 % calculated using the method of the first and second derivations of the quadratic function from the response curve of the calibration plots. The response curves gave significant correlation's between grain yield and N-fertilizer ($r^2 = 0.84^{***}$), and between grain protein and N-fertilizer ($r^2 = 0.98^{***}$). In contrast, the second year spectrometric data (2001) on winter barley was found uncertain, and this lead to bias and inaccuracy in N-fertilizer applied which resulted in both variable and uniform rates protein yield achieved were below the target level of 11.8 %.

In summary, less application of N-fertilizer has been applied on the variable rate plots (sensor based) in the year 2000 winter wheat trial where only 158 N kg ha⁻¹ was required in order to increase the protein level up to 13 %, and 180 N kg ha⁻¹ for the uniform rate plots (farmer current knowledge). Results showed that sensor based technology for variable N-fertilization is more efficient than current practices, but it was also concluded from the results that it's application is strictly limited by the changes of canopy structure during the growth stages of the plants.

Möglichkeit der Reduzierung von Stickstoff- und Phosphatausträgen aus der Landwirtschaft durch den Zwischenfruchtanbau.

Eichler, Bettina (Rostock)¹; Zachow, Birgit

1 Einleitung

Stickstoff- und Phosphorausträge aus der Landwirtschaft sind erheblich an der Eutrophierung von Wasserressourcen beteiligt. Das ist besonders in Regionen Westeuropas bedeutsam, wo viele landwirtschaftliche Flächen eine Überversorgung an Stickstoff und Phosphor aufweisen. Neben Nährstoffverlusten durch Erosionsprozesse kann es, hauptsächlich auf brach liegenden Flächen während der Wintermonate, zur Auswaschung von Nährstoffen in tiefere Bodenschichten kommen. Der Zwischenfruchtanbau kann zur Reduktion von Nährstoffverlusten beitragen, da er die Erosion vermindert und Nährstoffe konserviert und sie damit vor Auswaschung schützt (MERBACH et al. 1996). Mittels eines 3-jährigen Versuches wurde untersucht, in welchem Ausmaß verschiedene Zwischenfrüchte den P- und N-Gehalt in der Bodenlösung und den Nmin-Gehalt sowie verschiedene P-Parameter des Bodens beeinflussen.

2 Material und Methoden

Im Sommer 1999 wurde in der Versuchsstation Groß Lüsewitz ein Versuch mit 10 verschiedenen Varianten (Brache und 9 Zwischenfrüchte) als einfaktorielle Spaltanlage angelegt. Der P-Gehalt des Bodens war zu Versuchsbeginn mit 17,3 mg P 100 g Boden⁻¹ sehr hoch (Gehaltsklasse E). Die Zwischenfrüchte wurden Anfang August gesät und blieben bis zum nächsten Frühjahr auf den Flächen. In den Jahren 2000 und 2001 wurde danach als Hauptfrucht Kartoffel angebaut, die jährlich mit 80 kg N gedüngt wurde. Jeweils vor der Aussaat der Zwischenfrüchte, nach der Vegetationszeit im Herbst und vor deren Umbruch im Frühjahr wurden Bodenproben aus 3 Schichten (0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm) entnommen. Die Gewinnung der Bodenlösung mittels Saugkerzen erfolgte jährlich im Winterhalbjahr zu 8-9 Terminen in 2 Tiefen (30 und 90 cm). In der pflanzlichen Trockenmasse wurden der N- und P-Gehalt bestimmt, im Boden der mineralische N-Gehalt (Nmin), der doppelactatlösliche P-Gehalt (P(DL)) und der Gesamt-P-Gehalt (P(ges.), Königswasseraufschluss) sowie der Gehalt an oxalatlöslichem Fe, Al und P (Fe(ox), Al(ox), P(ox)) im Boden. Daraus wurde das Phosphatbindungsvermögen und der P-Sättigungsgrad des Bodens berechnet (SCHOUmans & BREEUWSMA 1997). In der Bodenlösung wurden der Nitratstickstoff- und Orthophosphatgehalt bestimmt. Die Messung der Elemente im Oxalatextrakt erfolgte mittels der ICP-Spektroskopie. Die anderen Bestimmungen wurden photometrisch durchgeführt (P(DL)-Gehalt: Specol; Orthophosphatgehalt in der Bodenlösung mittels Fließinjektion (Aqua Tec, Foss Tecator); N-Bestimmungen: Analysenautomat EPOS (Eppendorf)). Es wurden Varianz-, Regressions- und Korrelationsanalysen vorgenommen.

¹ eMail: bettina.eichler@agrarfak.uni-rostock.de

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Ertrag und Nährstoffaufnahmen der Fruchtarten

Die Fruchtarten und die Versuchsjahre hatten einen signifikanten Einfluss auf die Höhe der Erträge und der N- und P-Aufnahmen (Tab. 1). Große Unterschiede bestanden zwischen den einzelnen Jahren, wobei, unter anderem begründet durch ungünstige Witterungsverhältnisse zur Zeit des Auflaufens der Fruchtarten sowie durch das Auftreten von Pilzkrankheiten in den beiden letzten Versuchsjahren, ein deutlicher Abfall von 1999 zu 2001 zu verzeichnen war. Erbse konnte auf Grund des starken Mehltau-Befalls im Jahr 2000 nicht geerntet werden, was sich auf die Durchschnittserträge sowie die N- und P-Aufnahme auswirkte.

Tabelle 1: Erträge und Nährstoffaufnahmen der Zwischenfrüchte (Durchschnittswerte aus den 3 Versuchsjahren)

Fruchtart	Ertrag (dt TM ha ⁻¹)	N-Aufnahme* (kg N ha ⁻¹)	P-Aufnahme (kg P ha ⁻¹)
Ölrettich	54,6 b	255,5 e	31,9 c
Gelber Senf	43,3 ab	146,9 bc	22,2 bc
Phacelia	40,9 ab	155,3 cd	21,4 bc
Buchweizen	28,7 ab	83,1 ab	15,1 abc
Einj. Weidelgras	28,1 ab	85,9 b	11,1 ab
Gelbe Lupine	35,3 ab	126,4 bc	12,0 ab
Erbse	8,5 a	29,8 a	3,6 a
Serradella	37,5 ab	161,4 cd	17,6 abc
Raphanobrassica	47,8 b	243,1 de	22,4 bc

*Durchschnitt aus 2 Jahren, da keine N-Gehaltswerte für 2001 vorliegen

Die kruziferen Fruchtarten (Ölrettich, Senf und Raphanobrassica) sowie Phacelia wiesen sehr hohe N- und P-Aufnahmen auf. Der Anbau dieser Zwischenfrüchte könnte den Abbau hoher Nährstoffvorräte im Boden infolge des zusätzlichen Nährstoffentzuges beschleunigen, wenn die Fruchtarten geerntet und von Feld geräumt werden.

3.2 N- und P-Gehalte im Boden und Bodenlösung

Hinsichtlich der N_{min}-Werte (0-90cm) im Herbst waren im Durchschnitt der 3 Versuchsjahre in Abhängigkeit der geprüften Varianten große Unterschiede festzustellen (Tab. 2). Besonders der Anbau von Raphanobrassica verminderte die mineralische N-Menge. In der Brachevariante waren die N_{min}-Werte im Herbst sehr hoch, fielen dann jedoch bis zum Frühjahr auf das Niveau der anderen Varianten ab, was auf hohe N-Verluste schließen lässt.

Tabelle 2: Einfluss des Zwischenfruchtanbaus auf die Nmin-Menge und P(DL)-Gehalte im Boden.¹ Durchschnittswerte aus den 3 Versuchsjahren.

Fruchtart/ Tiefe cm	Nmin Nov 99-01 kg ha ⁻¹	P(DL) mg P 100 g Bo. ⁻¹ 		
----------------------------	---	--	--	--

Der Einfluss der Zwischenfrüchte auf die Veränderungen der P(DL)-Gehalte im Boden ist im Durchschnitt der 3 Jahre in der mittleren und untersten Bodenschicht signifikant, nicht aber in der Schicht von 0-30 cm. Im Herbst kam es besonders im ersten Versuchsjahr zu einem Abfall der P(DL)-Werte in den beiden unteren Bodenschichten, während zum Frühjahr die Werte dann wieder anstiegen. Lupine und Senf waren die Varianten, die den P(DL)-Gehalt zum November am stärksten verringerten, aber im Frühjahr den größten Anstieg bewirkten (30-60 cm). Die Jahreswirkung hat einen signifikanten Einfluss sowohl auf die P(DL)- als auch die Nmin-Werte.

Zwischen den N-Aufnahmen der Fruchtarten und den Nmin-Werten im Herbst bestand eine negative Korrelation ($r = -0,54^{**}$). Auch zwischen der P-Aufnahme und der Veränderung der P(DL)-Werte wurden im Herbst negative Zusammenhänge in der mittleren und unteren Bodenschicht ermittelt (Tab. 3). Im Frühjahr war diese Beziehung positiv.

Tabelle 3: Pearsonsche Korrelationskoeffizienten und Funktionen zur Berechnung der Beziehung zwischen den Veränderungen der P(DL)-Gehalte in verschiedenen Bodentiefen (y) und der P-Aufnahme in den einzelnen Varianten (x) (Durchschnitt aus 3 Versuchsjahren).

	<P(DL) mg P 100 g Bo. ⁻¹			
	Aug:Nov 30-60	Nov:Mrz 30-60	Aug:Nov 60-90	Nov:Mrz 60-90
P-Aufnahme kg ha ⁻¹	$r = -0,54^{**}$ $y = -0,08x + 0,65$	$r = 0,56^{**}$ $y = 0,10x + 0,33$	$r = -0,28^{*}$ $y = -0,02x - 0,10$	$r = 0,44^{**}$ $y = 0,04x + 0,71$

* $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$

¹ Bei den P(DL)-Werten wurden auf Grund von Schwankungen zu Versuchsbeginn nicht die absoluten Werte, sondern die Veränderungen der P(DL)-Gehalte von August bis zum Herbst (Aug:Nov) sowie von den Gehalten im Herbst zum nächsten Frühjahr (Nov:Mrz) angegeben. Bei den Nmin-Mengen sind die absoluten Werte in der gesamten untersuchten Bodenschicht im Herbst (Nov 99-01) sowie im Frühjahr (Mrz 00-02) dargestellt.

In der Bodenlösung sind vor allem die Nitrat- und Orthophosphat-Konzentrationen in 90 cm von Interesse, weil sie Aufschluss über die Nährstoffverlagerung in tiefere Bodenschichten sowie über die Nährstoffausträge mit dem Sickerwasser geben. Der Anbau der Fruchtarten reduzierte im Vergleich zur Brache die Nitrat- und die Orthophosphatgehalte in der Bodenlösung in 90 cm Tiefe signifikant (Durchschnitt aller Fruchtarten und Jahre). Besonders hohe Nitratkonzentrationen in 90 cm Tiefe wurden unter brachliegenden Flächen und unter Lupinen und Erbsen gemessen. Die geringsten Gehalte wurde für Raphanobrassica ermittelt. Auch hinsichtlich der PO_4^{3-} -Gehalte hatte die Brachevariante die höchste Konzentration in der Bodenlösung in 90 cm.

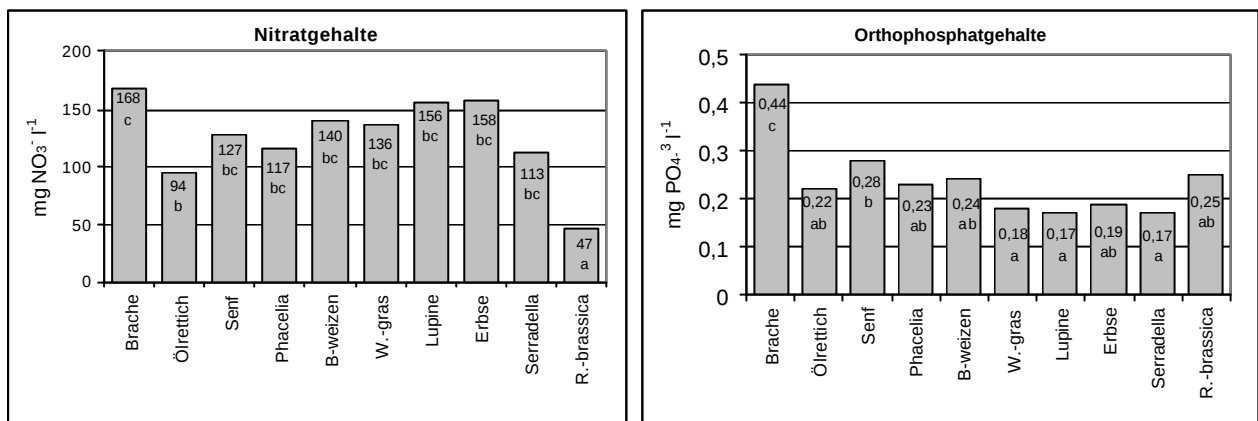


Abbildung 1: Nitrat- und Orthophosphatgehalte in der Bodenlösung in 90 cm Tiefe (Durchschnittswerte aus 3 Versuchsjahren).

Die zusätzlichen Nährstoffaufnahmen der Zwischenfrüchte und ihr im Sinne des Gewässerschutzes positiver Einfluß auf die Nitrat- und Orthophosphatgehalte in der Bodenlösung sollten ein Grund sein, den Zwischenfruchtanbau in Gebieten mit hoher Nährstoffversorgung der Böden als Möglichkeit der Reduktion des N- und P-Eintrages in Gewässer in Betracht zu ziehen.

4 Literatur

MERBACH, W., WURBS, A., LATUS, C., (1996): Auswirkungen der Stickstoffkonservierung durch Winterrüben auf die N-Verwertung von nachfolgend angebautem Mais und die N-Verlagerung in einem leichten Boden Nordostdeutschlands. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesell., 79, 259-262.

SCHOUMANS, O.F.; BREEUWSMA, A. (1997): The relation between accumulation and leaching of phosphorus. laboratory, field and modelling results – In: Tunney, H.; Carton, O.T.; Brookes, P.C.; Johnston, E.A. (eds). Phosphorus losses from soil to water. CAB International, Wallingford, 361-363

Rohprotein-gehalt von Silomais - ein geeigneter Indikator der Stickstoffversorgung im Hinblick auf eine "gute fachliche Praxis"

Herrmann, Antje (Kiel); Jovanovic, Nina; Taube, Friedhelm

Vor dem Hintergrund der aktuellen Diskussionen um die Umweltverträglichkeit von Futterbausystemen kommt der Stickstoffversorgung von Silomaisbeständen eine grosse Bedeutung zu. Silomais gewährleistet schon bei geringen N-Intensitäten hohe Erträge und somit eine hohe Effizienz des eingesetzten Stickstoffs, was bei einer nicht bedarfsgerechten Düngungsstrategie die Gefahr erhöhter N-Auswaschungsverluste birgt. Da die Vorhersage des N-Bedarfs als problematisch anzusehen ist, besteht in der landwirtschaftlichen Praxis die Tendenz, den N-Bedarf der Silomaisbestände zu überschätzen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine Einschätzung der Stickstoffversorgung von Praxisbeständen anhand der kritischen Rohproteinkonzentration im Entwicklungsstadium „Teigreife der Karyopsen“ vorzunehmen.

Der kritische N-Gehalt N_{crit} der Pflanze ist definiert als derjenige Mindest-N-Gehalt (%), der zur Erzielung maximaler Wachstumsraten erforderlich ist. Die Abnahme von N_{crit} im Vegetationsverlauf von Mais kann als Funktion der Biomasse W über eine Potenzfunktion der Form $N_{crit} = a \cdot (W)^{-b}$ beschrieben werden. In der vorliegenden Untersuchung wurde zunächst die kritische RP-Konzentration zum Zeitpunkt der Siloreife abgeleitet. Hierzu wurde die Beziehung zwischen der RP-Konzentration und dem relativen TM-Ertrag über eine exponentielle Funktion beschrieben. Datenbasis der Untersuchung bilden mehrjährige Stickstoffsteigerungsversuche, die von der Universität Kiel, der Fachhochschule Kiel und den Landwirtschaftskammern Schleswig-Holstein, Hannover und Weser-Ems an insgesamt 9 Standorten durchgeführt wurden. Die N-Düngermenge variierte zwischen 0 und 250 kg N/ha und wurde sowohl in mineralischer als auch organischer Form appliziert.

Obwohl erhebliche Unterschiede bzgl. des Ertragspotentials vorlagen, ist eine für alle Standorte gültige Beziehung zwischen RP-Konzentration und relativem TM-Ertrag, und somit für norddeutsche Klimaverhältnisse eine Übertragbarkeit auf andere Umweltbedingungen gegeben. Die für das Stadium der Siloreife ermittelte kritische RP-Konzentration von 6.97 % (= 1.12 % N) steht auch im Einklang mit der von PLÉNET und LEMAIRE (1999) ermittelten Funktion zur Beschreibung des kritischen N-Gehaltes im Vegetationsverlauf, wie die Analyse von Zuwachsbeprobungen des Standortes Karkendamm (Uni Kiel) zeigen.

Daten der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, der LUFA Hameln und LUFA Kassel zur Silagequalität von Praxisbeständen der Jahre 1999 und 2000 belegen, dass bis zu 50 % der Proben eine RP-Konzentration oberhalb des kritischen Wertes aufweisen und somit von einer N-Übersorgung der Maisbestände ausgegangen werden kann.

Im Gegensatz dazu lag nur bei weniger als 1-2 % der Silagen eine tatsächliche Mangelversorgung der Pflanzen vor. Im Hinblick auf eine Optimierung der Nährstoffsalden im Silomaisanbau kann die N-Düngungsintensität folglich noch weiter reduziert werden, ohne mit Ertragseinbußen rechnen zu müssen. Die Ergebnisse des Projektes belegen, dass die a posteriori-Analyse mittels der kritischen RP-Konzentration einen geeigneten Ansatz für die Anpassung des N-Bedarfs von Silomaisbeständen bietet.

Ein neuer, zielorientierter Ansatz zur Regelung wasserrechtlicher Ausgleichsleistungen - der N-Saldo an der Schnittstelle zwischen Landwirtschaft und Wasserversorgung

Jäger, Andreas (Leipzig)¹; Hülshagen, Kurt-Jürgen; Christen, Olaf; Sauer, Uwe;

Problemstellung

Durch die seit Januar 2002 geltende Änderung des sächsischen Wasserrechts (Sächsische Schutz- und Ausgleichsverordnung) steht auch die Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH (KWL) vor der Verpflichtung, Ausgleichszahlungen an Agrarbetriebe für Einschränkungen der ordnungsgemäßen Landwirtschaft in ihren Wasserschutzgebieten zu leisten. Eine dafür zu entwickelnde Ausgleichslösung soll den regionalen Schutzanspruch sowie die für die KWL wesentliche Vorsorgestrategie im Wasserschutz umsetzen.

Hauptsächliches Problem der anthropogenen, flächigen Belastung des Aquifers sind Stickstoffbelastungen im Grundwasser, verursacht durch N-Überschüsse der landwirtschaftlichen Bodennutzung.

Erfahrungen in anderen Wassereinzugsgebieten, auch in der unterschiedlichen Auslegung des rechtlichen Rahmens des Wasser- und des Landwirtschaftsrechts, legen eine kooperative Ausgleichsregelung nahe. Dabei sind folgende Anforderungen an eine Ausgleichsregelung zu stellen:

- Die Kriterien zur Ermittlung der Ausgleichsleistung sollen landwirtschaftliche und wasserwirtschaftliche Relevanz besitzen, d.h. durch die Wirtschaftsweise in den Agrarbetrieben sollen sie beeinflussbar sein und für die Wasserwirtschaft eine ausreichende Zielorientierung in der Umsetzung wasserschonender Landnutzung besitzen.
- Der Ausgleichsanspruch soll gut kontrollfähig und transparent sein, ohne einen hohen Kontrollaufwand zu verursachen. Dabei sollen justitiable Kontrollkriterien verwendet werden.
- Die Ausgleichsberechtigung und die Ausgleichsverpflichtung soll durch die Vertragspartner nicht als Eingriff in ihre Interessen gestaltet und verstanden werden, sondern als ein wesentlicher Bestandteil eines gemeinsamen Projektes „Landnutzung und Wasserschutz“ mit Wahrnehmung und Berücksichtigung der Interessen beider Vertragspartner.

Die zielorientierte Ausgleichsregelung

Die KWL nutzt in wichtigen Regionen der Wassereinzugsgebiete einen neuen, zielorientierten Ansatz zur Regelung des wasserrechtlichen Ausgleichs, der sich auf Ergebnisse und Erfahrungen einer Forschungsk Kooperation mit dem Institut für Acker- und Pflanzenbau der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg stützt (HÜLSBERGEN, 2002; JÄGER & HÜLSBERGEN, 2002).

Dazu wird im Rahmen freiwilliger vertraglicher Vereinbarungen zwischen den Kommunalen Wasserwerken Leipzig und den in den Wasserschutz zonen wirtschaftenden Landwirtschaftsbetrieben ein **zielorientierter Ansatz zur Regelung der Ausgleichsleistung** für Landnutzungseinschränkungen verfolgt. Der Ausgleich wird für die Unterschreitung eines vereinbarten N-Saldos der landwirtschaftlichen Betriebssysteme in den Wasserschutzgebieten gewährt.

¹ eMail: Andreas.jaeger@wasser-leipzig.de

Die Bemessung des Ausgleichsanspruches orientiert sich, dem gesetzlichen Anspruch des Einzelnachweises folgend, an konkreten in einem Betrieb erzielten Wasserschutzleistungen. Diese werden nicht als Summe von zu bezahlenden Einzelleistungen verstanden (handlungsorientierter Ansatz), sondern sie werden durch eine softwaregestützte Beschreibung der tatsächlichen, wasserschutzbezogenen wesentlichen Umweltwirkung der landwirtschaftlichen Betriebssysteme ermittelt (zielorientierter Ansatz). Als **Indikator** dient dabei der **flächenbezogene N-Saldo**, der als Ergebnis der landwirtschaftlichen N-Verwertung gleichzeitig die flächenbezogene Aussage zu potentiellen Sickerwasserbelastungen darstellt. Der N-Saldo ist durch den direkten Bezug zur Sickerwasserbelastung wasserwirtschaftlich relevant und zugleich durch die Praxis der landwirtschaftlichen Flächennutzung beeinflussbar.

Die Ausgleichsregelung wird unbenommen bestehender Vorgaben des Wasserrechtes wie der regionalen Schutzgebietsverordnung oder der Sächsischen Schutz- und Ausgleichsverordnung vereinbart.

Methodische Umsetzung

Grundlage der Ausgleichsregelung ist der mittels einer Softwarelösung standardisiert ermittelte N-Saldo als Mittel der Flächenbilanz der Schläge im Wasserschutzgebiet. Für die Ermittlung des N-Saldos wird das Betriebsbilanzierungsmodell REPRO der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg genutzt. Die gesetzlich vorgeschriebene Aufzeichnungspflicht in Form der Ackerschlagkartei ist Grundlage der Datenerfassung im Pflanzenbau. Diese Bewirtschaftungsdaten werden ergänzt durch von den Betrieben zur Verfügung gestellte Daten zu Tierbeständen, ihrer Fütterung und den Tierleistungen. Für die wasserwirtschaftliche Sekundärauswertung werden bodenphysikalische Parameter, abgeleitet aus Daten der Bodenschätzung, sowie regionale Witterungsdaten genutzt.

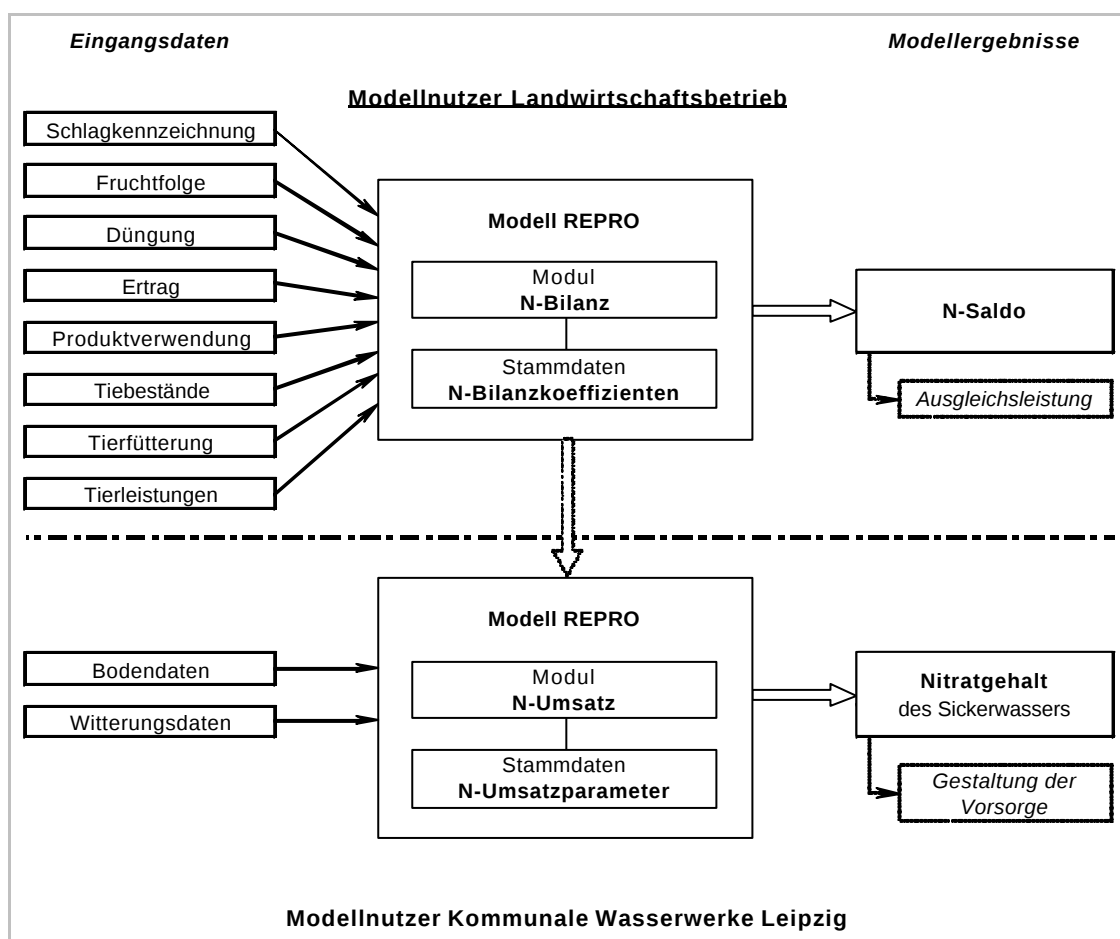


Abb. 14: Modelleinsatz von REPRO für die zielorientierte

Der gewählte Ansatz greift die ohnehin gesetzlich verlangte Nährstoffbilanzierung („Nährstoffvergleich“ nach Düngeverordnung) auf. Die Aussagekraft der Nährstoffbilanz wird durch eine qualifizierte methodische Umsetzung, wie die Einbeziehung aller relevanten Bilanzglieder, die Nutzung angepasster und differenzierter Koeffizienten oder ggf. die tierleistungsbezogene Ermittlung des Wirtschaftsdüngeraufkommens und dessen Qualität erheblich verbessert.

Die Ermittlung des N-Saldos auf der Basis der Flächenbilanz dient neben der Bemessung der Ausgleichsleistung als eine Grundlage für betriebspezifische Beratungsleistungen zur Verbesserung der N-Effizienz der landwirtschaftlichen Produktion sowie als Basis sekundärer Auswertungsmöglichkeiten für den Wasserversorger.

Zur beispielhaften Orientierung auf die Größenordnung von Deckungsbeitragsdifferenzen durch die Reduktion des Betriebsmitteleinsatzes sind Ergebnisse von landwirtschaftlichen Dauer-Feldversuchen auf ähnlichen Standortbedingungen herangezogen worden. Diese zeigen die starke Differenzierung der Erlöseinbußen z.B. in Abhängigkeit von der Tierhaltung und dem als Ziel vorgegebenen N-Saldo. Insbesondere ein Ziel-N-Saldo von aus wasserwirtschaftlicher Sicht zumindest regional anstrebenswerten $25 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ wird von vielen Betrieben, besonders tierhaltenden, nur schwer erreichbar sein und muss entsprechend honoriert werden.

Schritte zur Umsetzung

Nach der Vorstellung des Ansatzes in den Betrieben, notwendigen vertraglichen Vereinbarungen zwischen den Kommunalen Wasserwerken Leipzig und den Landwirtschaftsunternehmen erfolgt die Bereitstellung und Installation der Software „REPRO“. Die Nutzung des Betriebsbilanzierungsmodells erfolgt in den Landwirtschaftsbetrieben und der KWL. Es erfolgt die Ersterfassung der notwendigen Bewirtschaftungsdaten sowie deren Eingabe und Auswertung in den Betrieben, die darin unterstützt werden. Nach der Datenübernahme durch die KWL, der notwendigen Datenkontrolle und Auswertung ist das Ergebnis eine flächendeckende Übersicht über die vorhandenen N-Salden der Landwirtschaft, anhand derer die Bemessung der Ausgleichszahlung vorgenommen wird (Prinzip des Einzelausgleichs). Die räumliche Verteilung der unterschiedlichen N-Salden lässt eine erste Einschätzung zu, in welchen Regionen und in welchen Betrieben zusätzliche Aufwendungen zur Reduzierung von Belastungen notwendig sind.

In einer späteren Stufe wird, gestützt auf die bereits ermittelten Ergebnisse, im Gespräch zwischen Wasserversorger und Landwirtschaftsunternehmen eine Minderung oder Beibehaltung des N-Saldos einschließlich einer entsprechenden Honorierung vereinbart. Dadurch kann ganz

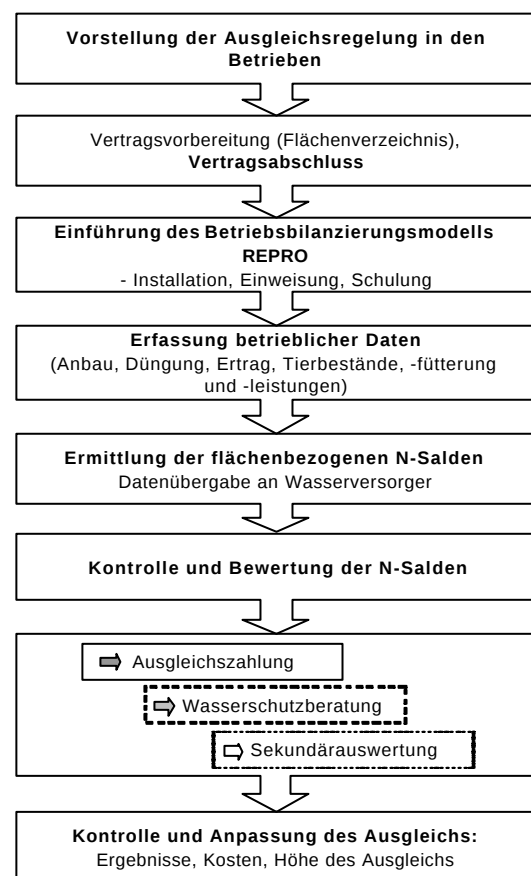


Abb. 15: Schritte zur Realisierung der Ausgleichsregelung

gezielt das vorhandene Minderungspotential in den Landwirtschaftsbetrieben je nach Betriebssystem und Ausgangssituation des N-Saldos genutzt werden.

Eine aufzubauende regionale Wasserschutzkooperation sollte Aktivitäten zur Beratung koordinieren und durchführen, die bei Nutzung des REPRO-Modells ein wesentlicher Bestandteil des Ausgleichs- und Beratungskonzeptes sein sollten. Beratungsleistungen ermöglichen und begleiten die betriebsspezifische Umsetzung von Minderungskonzepten des N-Saldos. Sie gestatten die Umsetzung von Wasserschutzzielen auf kooperativer Basis.

Weiterhin müssen die Ausgleichsleistungen überprüft und deren Ergebnisse für den Wasserschutz und für die Betriebe dokumentiert werden. Wesentliche Aufgabe einer solchen Kooperation sollte auch die Kommunikation zwischen Wasserversorger und Landwirtschaft sein. Dadurch wird die aktive Integration der Landwirte in das Projekt des regionalen, gemeinsamen Wasserschutzes erreicht.

Sekundärauswertung der betrieblichen N-Salden

Eine sekundäre Auswertung der N-Bilanzen erlaubt die Dokumentation der räumlichen Verteilung und der zeitlichen Entwicklung von flächigen Belastungspotentialen.

Die genutzte Softwarelösung ermöglicht neben einer reproduzierbaren Ermittlung der N-Salden unter Nutzung wissenschaftlich begründeter, differenzierter Stammdaten und der Plausibilitätskontrolle der N-Bilanzen durch Abbildung des landwirtschaftlichen Stoffkreislaufs die wasserwirtschaftlich relevante Sekundärauswertung der Ergebnisse. Sie eröffnet dem Wasserversorger die Chance, unter konkreten Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen Belastungspotentiale bei als vorrangigem Problem eingestuften Nährstoffüberschüssen zu erkennen und diese zur Entlastung des Einzugsgebietes durch Schwerpunktsetzung im Wasserschutz abzubauen.

Grundlage dafür ist die standort- und bewirtschaftungsspezifische Quantifizierung der N-Verlustrpfade zur modellgestützt ermittelten Belastung des Sickerwassers mit Nitrat. Sie erfolgt unter Nutzung standörtlicher Informationen, indem die Emissionspfade des Stickstoffs aus der Düngung und den Umsatzprozessen des Bodens in die gasförmigen und die sickerwassergebundenen Verluste quantifiziert werden (ABRAHAM, 2001; HÜLSBERGEN, 2002). Dafür werden die wirksamen N-Mengen in Pools (organischer, mineralischer und Humus-N-Pool) differenziert. Der N-Umsatz im Boden in und zwischen den Pools erfolgt in Abhängigkeit von Bodenart, Feuchtigkeit, Temperatur und Termin (wirksame Mineralisierungszeit). Die N-Verluste werden in Abhängigkeit von der N-Verwertung (Abfuhr mit dem Ertrag) sowie den Denitrifikationsbedingungen und der Sickerwassermenge ermittelt. Dadurch erschließt sich direkt aus dem Ausgleichskonzept ein Instrument zur Kenntnis möglicher Belastungssituationen in den Einzugsgebieten.

Die Abbildung innerbetrieblicher Stoffkreisläufe ermöglicht die angemessene Berücksichtigung tierleistungs- und fütterungsabhängigen Exkrementanfalls.

Diskussion und erste Erfahrungen

Die Wahl des Agrar-Umweltindikators „N-Saldo“ als Bemessungsgrundlage des Ausgleichs ermöglicht allen vorhandenen Betriebssystemen, ob ökologische oder konventionelle Landwirtschaft, mit oder ohne Tierhaltung, auf Anforderungen des Wasserschutzes abgestimmte Anpassungsstrategien zur Reduzierung von Nährstoffüberschüssen zu finden und umzusetzen. Wege dazu sind die Anpassung der Betriebs- und Anbaustruktur, der Fruchtfolgen, der Intensität des Betriebsmitteleinsatzes oder der Gestaltung der Produktionsverfahren.

In der vorgeschlagenen Ausgleichsregelung ist die Nutzung des hohen Entlastungspotentials angepasster ökologischer Landbausysteme für den N-Saldo eine Möglichkeit einer Anpassungsstrategie. Diese Strategie kann auch als Beratungsziel für die begleitende Wasserschutzberatung formuliert werden. Für weitergehende Anforderungen, z.B. zur in bestimmten Gebieten ggf. notwendigen Vermeidung von potentiellen Belastungen mit Pflanzenschutzmitteln und deren Rückständen, sind individuelle Vereinbarungen mit den Betrieben möglich.

Die Resonanz auf die von der KWL angebotene Ausgleichslösung ist seitens der Landwirtschaftsbetriebe und der Landwirte sehr positiv. Herausgestellt wird das Bestreben, mit vergleichsweise geringem bürokratischen Aufwand und ohne zusätzlichen, als gängelnd empfundenen Einzelanforderungen eine Ausgleichslösung anzubieten, die den Trend der Landwirtschaft zu besserer Effizienz des Betriebsmitteleinsatzes aufgreift.

Mit der Konzentration auf den wasserschutzrelevanten Agrar-Umweltindikator „N-Saldo“ ist der Schwerpunkt auf die Zielerfüllung des Wasserschutzes in den Schutzgebieten gelegt. Damit werden nicht einzelne Maßnahmen eingekauft, deren Preis aus den Kosten bzw. Ertragsausfällen ermittelt wird, sondern es wird im Rahmen einer wirtschaftlichen Ausgleichs- und Beratungslösung die Vorsorge im Wasserschutz als kooperatives Projekt zwischen den Landnutzern und dem Wasserversorger in den Wasserschutzgebieten etabliert.

Zusammenfassung

Der flächenbezogene N-Saldo ermöglicht eine zielorientierte, kooperative und wirtschaftliche Regelung des Ausgleichs für Landnutzungseinschränkungen in Wasserschutzgebieten. Die zielorientierte Ausgleichslösung bewirkt die konsequente Fortführung einer vorsorgenden Wasserschutzstrategie als Kooperation zwischen Land- und Wasserwirtschaft, die sich auch auf die standort- und bewirtschaftungsspezifische sekundäre Auswertung des N-Saldos hin zur modellgestützt ermittelten N-Belastung des Sickerwassers stützen kann.

Der in diesem Konzept praktizierte Ausgleichsmodus

- ist an Kriterien gebunden, die sowohl landwirtschaftliche als auch wasserwirtschaftliche Relevanz besitzen und die in den Agrarbetrieben durch deren Wirtschaftsweise beeinflussbar sind,
- weist eine hohe Transparenz und Kontrollfähigkeit auf,
- berücksichtigt den nach der zu erwartenden Neufassung der Sächsischen Schutz- und Ausgleichsverordnung vorgeschriebenen Einzelnachweis des Ausgleichs.

Darüber hinaus wird mit diesem Konzept die problemlose Erweiterung der Ausgleichspflicht hin zu kooperativen Lösungen zwischen der Wasser- und der Landwirtschaft im Rahmen eines gemeinsamen Projektes „Landnutzung und Wasserschutz“ in den Wasserschutzgebieten der Kommunalen Wasserwerke Leipzig ermöglicht.

Literatur

ABRAHAM, J. (2001): Auswirkungen von Standortvariabilitäten auf den Stickstoffhaushalt ackerbaulich genutzter Böden unter Berücksichtigung der Betriebsstruktur, der standortspezifischen Bewirtschaftung und der Witterungsbedingungen. – Shaker, Aachen: 1-128. Zugl. Diss. Universität Halle-Wittenberg.

HÜLSBERGEN, K.-J. (2002): Modelle und Indikatoren zur Untersuchung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. – Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, unveröff. Manuskript.

JÄGER, A.; HÜLSBERGEN, K.-J. (2002): Studie zur Umsetzung des Ausgleichsanspruches der Landwirtschaft in Wasserschutzgebieten durch die Kommunalen Wasserwerke Leipzig GmbH. – Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Unveröff. Studie im Auftrag der Kommunalen Wasserwerke Leipzig. Halle (S.): 1-85.

NH₃-Emissionsminderungsmaßnahmen in der Tierhaltung und Kosten der Emissionsminderung

Eurich-Menden, Brigitte (Darmstadt); Döhler, Helmut; Fritzsche, Stephan; Schwab, Markus

1. Einleitung

Im Rahmen mehrerer internationaler Vereinbarungen und Richtlinien hat sich Deutschland verpflichtet, neben den Emissionen aus Haushalten, Industrie und Verkehr auch die Emissionen der Landwirtschaft zu reduzieren. Dabei spielen Ammoniak-Emissionen mit ihren versauernden und eutrophierenden Folgewirkungen auf sensible (naturnahe) Ökosysteme vorerst die wichtigste Rolle. Die Tierhaltung trägt mit etwa 80 % am meisten zu diesen Emissionen bei, weshalb für diesen Agrarsektor der höchste Handlungsbedarf für Minderungsmaßnahmen besteht. Für die politischen Entscheidungsträger als auch für die landwirtschaftliche Beratung und den Landwirt selbst sind dabei neben der Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen zur Ammoniak-Emissionsminderung in der Landwirtschaft deren Kosten von entscheidender Bedeutung. Der Beitrag befasst sich daher -ausgehend von den Emissionsminderungsoptionen und den zugehörigen Emissionsfaktoren, die im Rahmen des Projektes "Landwirtschaftliche Emissionen" (Döhler et al. 2002, Gemeinschaftsprojekt von KTBL, FAL und ATB im Auftrag des BMVEL und UBA) erarbeitet wurden, mit der Ermittlung der Emissionsminderungskosten in der Tierhaltung und der Analyse der kosteneffizientesten Ansätze für eine kurz-, mittel- und langfristige Minderungsstrategie.

2. Emissionsminderungsmaßnahmen

Bei der Analyse der Kosten wurden für die Aktivitätsbereiche Tierhaltung, in der Prozesskette der Tierhaltung, Tierfütterung, Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern die in der Tabelle 1 aufgezeigten Minderungsansätze berücksichtigt. Eine genaue Beschreibung der Verfahren findet sich in Döhler et al. (2002).

Tab. 1: Für die Kostenanalyse betrachtete Ammoniak Emissionsminderungsmaßnahmen

Minderungsmaßnahmen		Rinder	Schweine
Haltung	Rinnenboden-Laufstall	X	
	Großgruppe		X
	Außenklimastall		X
Fütterung	Protein-Angepasste Fütterung		X
Lagerung	Abdeckung des Güllelagers	X	X
	Erweiterung der Lagerkapazität	X	X
Ausbringung	Verwendung emissionsmindernder Ausbringungstechnik bei Gülle	X	X
	Unmittelbare Einarbeitung (1-4 Stunden)	X	X
	Gülleverdünnung mit Wasser	X	

Quelle: DÖHLER et al. (2002)

2.1 Milchvieh

Als einzige Maßnahme im Haltungsbereich von Milchkühen wurde das aus den Niederlanden stammende Rinnenbodensystem ausgewählt. Nach Swierstra und Braam (1999) konnten bei Messungen in diesem Haltungssystem die Ammoniak-Emissionen in einem Versuchsstall des IMAG-DLO-Hofes in Duiven 1996 um 48 % gegenüber einem konventionellen Boxenlaufstall mit Spaltenboden verringert werden. Es wurden jährliche Mehrkosten von rund 33,2 € pro Kuhplatz berechnet.

Geht man von einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 40 % aus, entstehen Minderungskosten pro kg Ammoniak-Emissionsminderung von ca. 6,6 €. Als Referenzemission wurde der in Döhler et al. (2002) festgelegte Emissionsfaktor von 12 kg NH₃-N/Tierplatz und Jahr in einem Liegeboxenlaufstall mit Spaltenboden angenommen.

2.2 Mastschweine

Im Bereich der Schweinehaltung wurden als wichtigste emissionsmindernde Maßnahmen die Großgruppenhaltung, der Außenklimastall und die an den Proteinbedarf angepasste Fütterung betrachtet. Für die Berechnung der Kosten wurden ausgehend vom Referenzverfahren (wärmedämmter Stall, Vollspalten, Kleingruppe und 1-Phasen-Fütterung) verschiedene Haltungsmodelle generiert. Diese unterscheiden sich hinsichtlich Klimatisierung, Entmistungs- und Fütterungstechnik. Die Großgruppenhaltung stellt gegenüber der Kleingruppe eine Kostenentlastung dar, die im Mittel 7,3 €/ Stallplatz und Jahr beträgt. Die Kostenentlastungen schwanken zwischen 4,1 € bei 500 Mastplätzen bis zu 11,3 € bei 2000 Mastplätzen.

Für die Minderungsmaßnahme Protein-angepasste Fütterung wurde eine Umstellung von einphasiger- auf mehrphasige Fütterung bei Stallneubau berechnet. Dabei wurden die Mehrkosten für die angepasste Fütterung unterschiedlicher Haltungs- (Klein- und Großgruppen) und Fütterungssysteme (Brei- und Flüssigfütterung) berücksichtigt. Da es sowohl zu Futtereinsparungen als auch zu geringen Mehrkosten kommt, wurden die Kalkulationen ohne eine Veränderung der Futterkosten vorgenommen. Der Einsatz synthetischer Aminosäuren, der die Futterkosten i.d.R. erhöht, wurde nicht berücksichtigt. Gegenüber einer 1-Phasenfütterung wurden für die Protein-angepasste Fütterung 2,8 € pro Tierplatz und Jahr Mehrkosten ermittelt. Die Kosten pro kg NH₃-Emissionsminderung betragen 1,9 € (1000 Mastplätze).

Der Außenklimastall mit Flüssigentmistung verursacht gegenüber dem wärmedämmten Vollspaltenstall Mehrkosten von 5,8 € pro Tierplatz und 4,9 €/kg Ammoniak-Emissionsminderung, wobei sich diese jeweils auf Ställe mit 1000 Mastplätzen beziehen. Bei den Außenklimaställen für Mastschweine wurde davon ausgegangen, dass dieses Haltungssystem nur als Neubauvariante für den Landwirt in Frage kommt. Der Umbau bestehender Ställe in einen Außenklimastall ist bautechnisch in den seltensten Fällen realisierbar.

2.3 Lagerung

Im Bereich der Güllelagerung können Minderungen von NH_3 -Emissionen zum einen durch eine Abdeckung der Flüssigkeitsoberfläche von Außenlagern mit unterschiedlichen Materialien erreicht werden, zum anderen wird bei einer Ausdehnung der Güllelagerkapazitäten davon ausgegangen, dass die Verwertung der Gülle im Frühjahr aufgrund der Möglichkeit der Wahl optimaler Applikationstermine (geringere Temperaturen) zu geringeren Emissionen führt. Referenzverfahren ist in der Milchviehhaltung und Rindermast ein nicht abgedecktes Güllelager mit natürlicher Schwimmdecke, während bei Mastschweinen und Sauen nicht von einer emissionsmindernden Schwimmdecke ausgegangen werden kann. Betrachtet werden dabei nur Rundbehälter aus Beton oder Stahl, andere Behälterarten werden wegen ihrer geringen Verbreitung in der Praxis (z.B. Lagunen mit ca. 3-4 % der gesamten Güllelager) nicht berücksichtigt. Als Abdeckung kommen feste Abdeckungen (Betondecke, Zeltdach), Schwimmfolien oder auch lose Stroh- und Granulat-Schüttungen in Frage. Hierbei wird von einer Lagerzeit der Gülle von sechs Monaten ausgegangen.

Aus den mittleren Kosten der Abdeckung pro m^2 (vgl. Döhler et al. 2002) wurden die jährlichen Abdeckungskosten pro m^3 ermittelt (Tab. 2). Diese Kostenabschätzungen hierfür erfolgten für drei unterschiedliche Behältergrößen und die entsprechenden Abdeckungen.

Tab. 2: Jährliche Kosten der Güllelager-Abdeckung in € pro m^3

Minderungsmaßnahmen	Abdeckungskosten in € pro m^3 und Jahr		
	250 m^3	500 m^3	1500 m^3
Strohhäcksel	0,2	0,2	0,1
Granulat	0,4	0,4	0,2
Schwimmfolie	0,6	0,5	0,3
Zeltdach	0,9	0,8	0,5
Betondecke	1,0	0,9	0,6
Befahrbare Betondecke	1,1	0,9	0,6

Daten und Annahmen in Döhler et al. (2002),

Aus den jährlichen Abdeckungskosten pro m^3 werden die in Tabelle 3 dargestellten spezifischen Kosten der Emissionsminderung bei der Abdeckung von Güllebehältern ermittelt.

In Abhängigkeit der Güllebehältergröße ist eine klare Kostendegression festzustellen. Gleichzeitig wird deutlich, dass die Kosteneffizienz der Ammoniak-Emissionsminderung im für die Abdeckung von Schweinegülle deutlich besser ist als bei Milchviehgülle. Die spezifischen Kosten zur Reduktion der NH_3 -Emissionen (pro kg NH_3) durch die Abdeckung eines großen Güllelagers (1500 m^3), etwa mit einer Schwimmfolie, betragen bei Milchkühen 5,6 €, bei Mastschweinen dagegen nur 0,36 €.

Diese spezifischen Kosten liegen bei Milchkühen generell um ein zehnfaches und mehr höher als bei Mastschweinen. Diese Unterschiede resultieren daraus, dass bei Rindergülle von einer natürlichen Schwimmdecke als Referenzsituation ausgegangen werden muss. Da diese gegenüber einer Gülle ohne Schwimmdecke (Annahme bei Schweinegülle) nur sehr geringe Emissionen aufweist, hat die Abdeckung des Güllelagers eine geringere Wirkung auf die emittierte NH_3 -Menge.

Tab. 3: Spezifische Kosten der Emissionsminderung bei der Abdeckung von Güllebehältern

Minderungsmaßnahmen	Kosten Emissionsminderung (€/kg NH ₃)							
	Milchvieh				Mastschweine			
	Referenz 1 Minderung kg NH ₃	Behältervolumen in m ³			Referenz 2 Minderung kg NH ₃	Behältervolumen in m ³		
		250	500	1500		250	500	1500
Schwimmdecke	-	-	-	-	0,5	-	-	-
Strohhäcksel	0,8	5,2	4,4	2,9	1,2	0,3	0,2	0,2
Granulat	1,2	7,3	6,2	4,0	1,3	0,5	0,4	0,3
Schwimmfolie	1,2	10,2	8,8	5,6	1,3	0,7	0,6	0,4
Zeltdach	1,5	12,1	10,5	6,6	1,4	1,0	0,9	0,6
Betondecke	1,5	13,3	11,5	7,3	1,4	1,1	1,0	0,6
Befahrbare Betondecke	1,5	13,9	11,9	7,6	1,4	1,2	1,0	0,7

Quelle: Döhler et al. (2002), Annahmen: Referenz 1: mit Schwimmdecke potentielle Emission 2,3 kg NH₃,

Referenz 2: ohne Schwimmdecke potentielle Emission 1,5 kg NH₃

2.4 Ausbringung

Minderungsmaßnahmen bei der Gülleausbringung wurden in Bezug auf das Referenzsystem "Breitverteilung, Einarbeitung innerhalb von 24 Stunden" bewertet und sowohl für die einzelbetriebliche Ausbringung als auch für den überbetrieblichen Einsatz berechnet. Als Minderungstechniken wurde die Ausbringung mit Schleppschlauch, Schleppschuh, Gülleschlitzgeräten und Güllegrubber sowie die sofortige Einarbeitung (innerhalb von 1-4 h) kalkuliert. Berücksichtigung fanden auch die unterschiedlichen Minderungspotentiale bei der Ausbringung auf Acker und Grünland und in stehende Bestände (nur Schleppschlauch). Die Kosten für eine eigenmechanisierte Ausbringung wurden für 500, 1000, und 3000 m³ jährlich ausgebrachte Gülle ermittelt (Tab. 4). Darüber hinaus wurden die Kosten für die überbetriebliche Ausbringung von jährlich 30000 m³ abgeschätzt. Zusätzlich wurden die Kosten für den überbetrieblichen Einsatz des Güllegrubbers bei einer jährlichen Ausbringmenge von 90000 m³ kalkuliert. In den Berechnungen wurde angenommen, dass mit zunehmender Ausbringmenge der technische Anspruch an die Ausbringtechnik (z. B. gelenkte Achsen, computergesteuerte Mengendosierung) sowie die erzielbaren Ausbringleistungen steigt. Demzufolge wurde bei größeren Jahresmengen eine größere Arbeitsbreite und gleichzeitig eine höherwertige Ausstattung der Geräte unterstellt. Diese Annahmen spiegeln sich in unterschiedlichen Anschaffungspreisen der Minderungstechniken bei verschiedenen jährlichen Güllemengen wider. Gleichzeitig wurde von höheren Reparaturkosten ausgegangen.

Im Vergleich zum Referenzverfahren „Breitverteiler“ führen beim Schleppschlauchverteiler gleiche Arbeitsbreiten und Stundenleistungen trotz höherer Investitionen nur zu relativ geringen Mehrkosten. Beim Einsatz von Schleppschuh, Schlitzverteiler und Güllegrubber wirken sich die abnehmenden Verfahrensleistungen infolge abnehmender Arbeitsbreite und die deutlich höheren Anschaffungspreise mit steigenden Mehrkosten der Techniken aus.

Die Kosten der Minderungstechniken liegen in der gewählten überbetrieblichen Variante deutlich unter denen der eigenmechanisierten Gülleausbringung mit

Minderungstechniken bei 500 und 1000 m³ a⁻¹. Ab einer Jahresmenge von ca. 3000 m³ können Emissionsminderungstechniken auch eigenmechanisiert ähnlich kostengünstig eingesetzt werden. Der Sonderfall des überbetrieblichen Einsatzes eines Gülleinjektors (Ausbringung und simultane Einarbeitung mit einem an den Tankwagen gekuppelten Schwergrubber) bei einer jährlichen Ausbringungsmenge von 90000 m³ stellt mit Abstand die günstigste Emissionsminderungstechnik dar (2,7 € Mehrkosten gegenüber Breitverteiler). Sie ist jedoch nur unter bestimmten Bedingungen (geringe Hof-Feld-Entfernung; große Schläge, gute Befahrbarkeit) praktikabel und erreicht auch nur dann das niedrige Kostenniveau.

Tab:4: Kosten der eigenmechanisierten Gülleausbringung

Jahresmenge	500 m ³	Mehrkosten gegenüber Breitverteiler	1000 m ³	Mehrkosten gegenüber Breitverteiler	3000 m ³	Mehrkosten gegenüber Breitverteiler
Verteiltechnik	€/m ³	€/m ³	€/m ³	€/m ³	€/m ³	€/m ³
Breitverteiler (Referenz)	5,2	-	3,8	-	2,2	-
Mit Einarbeitung (innerhalb 1-4 h)	5,9	0,8	4,6	0,8	3,0	0,7
Schleppschlauch	6,9	1,7	5,5	1,6	3,0	0,7
Schleppschuh	9,3	4,1	7,5	3,6	3,8	1,6
Schlitzverteiler	10,9	5,8	8,9	5,1	4,5	2,2
Güllegrubber	10,3	5,1	8,6	4,8	4,8	2,6

Quelle: Döhler et al. (2002)

Die spezifischen Emissions-Minderungskosten sind in Tabelle 5 zusammengestellt. Die geringsten spezifischen Kosten entstehen durch die direkte Einarbeitung nach Breitverteilung. Im Milchviehbereich sind die Kosten für den Einsatz von Schleppschlauch in wachsende Bestände und der Einsatz des Güllegrubbers die kostengünstigsten Maßnahmen. Hingegen sind die Verfahren Schleppschuh und Schleppschlauch bei Ausbringung ohne Bewuchs sehr kostenintensiv. In der Schweinehaltung müssen für die Varianten Schleppschuh und Güllegrubber ähnlich hohe Kosten zur Reduzierung pro kg Ammoniak-Emissionsminderung aufgewendet werden.

Tab. 5: Minderungskosten pro kg NH₃-Emissionsminderung bei der Ausbringung von Rinder- und Schweinegülle auf Ackerland

Minderungsmaßnahmen	Kosten Emissionsminderung (€/kg NH ₃)					
	Milchvieh			Mastschweine		
	Ausbringungsmenge					
	500 m ³	1000 m ³	3000 m ³	500 m ³	1000 m ³	3000 m ³
Einarbeitung (1-4)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Schleppschlauch (ohne Bewuchs)	18,4	17,3	7,6	6,2	5,8	2,6
Schleppschlauch (mit Bewuchs)	4,9	4,6	2,0	3,7	3,5	1,5
Schleppschuh	11,8	10,3	4,6	7,4	6,5	2,7
Güllegrubber	4,9	4,6	2,4	6,1	5,7	3,1

Quelle: DÖHLER et al. (2002) Berechnungen KTBL; Referenz: Ausbringung mit Breitverteiler ohne Einarbeitung, Ackerland, E-Faktor Schweinegülle 0,25; Rindergülle 0,5; Lufttemperatur bei der Ausbringung 15°C

3. Ausblick

Als besonders geeignete Ansatzstelle für die Ammoniak-Emissionsminderung kann für alle Tierproduktionsverfahren die unverzügliche Wirtschaftsdüngereinarbeitung nach der Ausbringung angesehen werden. Dies stellt auch die kostengünstigste Maßnahme dar. In der Schweinehaltung sind zudem die Güllelagerabdeckung und die N-angepasste Fütterung als bedeutende Maßnahmen mit einem geringen Kostenniveau und vergleichsweise Kosteneffizienz zu nennen. Obgleich Maßnahmen bei Rindern aufgrund ihres hohen Anteils an den Gesamtammoniak-Emissionen ein hohes Minderungspotential aufweisen, schränken die hohen Kosten bei den Minderungsmaßnahmen im Stall bzw. bei der Ausbringung die Umsetzung ein.

4. Literatur

- Döhler, H.; Dämmgen, U.; Eurich-Menden, B.; Osterburg, B.; Lüttich, M.; Berg, W.; Bergschmidt, A.; Brunsch, R. (2002): Anpassung der deutschen Methodik zur rechnerischen Emissionsermittlung an internationale Richtlinien sowie Erfassung und Prognose der Ammoniak-Emissionen der deutschen Landwirtschaft und Szenarien zu deren Minderung bis zum Jahre 2010. Abschlussbericht im Auftrag von BMVEL und UBA. UBA-Texte 05/02
- Swierstra, D; Braam, C.R. (1999): Grooved floor system for cattle housing: Ammonia emission reduction and good slip resistance. Conference paper for ASAE/CSAE-SCGR Annual International Meeting, Toronto, Canada, 9 S.

Ergebnisse 5-jähriger P- und K-Dauerdüngungsversuche auf Grünland Ostdeutschlands und Schlussfolgerungen für die Düngung

Hochberg, H. (Wandersleben)¹; Kerschberger, M.¹, Schuppenies, R.²; Greiner, B.³; Riehl, G.⁴; Pickert, J.⁵

1 Einleitung

Im Rahmen der Zusammenarbeit der ostdeutschen Landesanstalten für Landwirtschaft werden seit 1997 Ringversuche zur Phosphat- bzw. Kaliumdüngung auf Dauergrünland durchgeführt. Diese Dauerversuche dienen der Überprüfung der Düngungsempfehlungen der Länder, stellen im weitesten Sinne eine Begleitung zur Düngeverordnung dar und liefern Referenzdaten für die Evaluierung von Agrarumweltmaßnahmen. In den ostdeutschen Grünlandgebieten hat im letzten Jahrzehnt eine Grünlandextensivierung in beispiellosem Ausmaß stattgefunden. Die weitverbreitete Praxis des mehrjährigen Verzichts auf P- und K-Zufuhr hat bereits zur Nährstoffverarmung auf beachtlichen Flächenanteilen geführt. Für die Beratung besteht deshalb Informationsbedarf zur standort- und bestandsspezifischen Wirkung einer langjährig unterlassenen, suboptimalen bzw. entzugsorientierten P- und K-Düngung auf Ertrag, Inhaltsstoffe im Futter, Pflanzenbestand und Nährstoffversorgung des Bodens.

2 Material und Methoden

Auf 9 repräsentativen ostdeutschen Grünlandstandorten wurde im Frühjahr 1997 je 1 P- und K-Düngungsversuch mit je 4 Varianten als einfaktorielle Blockanlage mit 4 Wiederholungen zur Prüfung der P- bzw. K-Düngewirkung angelegt (Tab. 1). Einbezogen sind 1 Moorstandort, 3 Alluvialstandorte und 5 Standorte mit Verwitterungsboden. Die 9 Parzellenversuche repräsentieren 3 Ansaatgrünlandtypen, 1 Weidelgras-Weißkleeweihe, je 1 typische bzw. frische Glatthaferwiese, je 1 Fuchsschwanzwiese der Tallagen bzw. 1 submontanen Typ sowie 1 Goldhaferwiese.

¹ Dr. habil. Hans Hochberg, Thür. Landesanstalt für Landwirtschaft, Standort Wandersleben, Bahnhofstraße 1a, 99869 Wandersleben
Dr. sc. Manfred Kerschberger, Thür. Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Str. 98, 07743 Jena; eMail: h.hochberg@wandersleben.tll.de

² Dr. Rudolf Schuppenies, Paulinenauer Arbeitskreis Grünland und Futterbau e.V., Gutshof 7, 14641 Paulinenaue

³ Dr. Bärbel Greiner, Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau, Zentrum für Tierhaltung und Technik, Lindenstraße 18, 39606 Iden

⁴ Dr. Gerhard Riehl, Sächs. Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachber. Tierzucht, Fischerei und Grünland, Christgrün Nr. 13, 08543 Pöhl

⁵ Dr. Jürgen Pickert, Landesanstalt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft, Abteilung Landwirtschaft und Gartenbau, Gutshof 7, 14641 Paulinenaue

Tabelle 1: Beschreibung der Versuchsstandorte

	Höhe über NN	Geolo- gische Herkun- ft	Bo- den- art	Nieder- schläg e mm	Jahres - mittel ° C	Pflanzen- bestand	P	K
							Gehalts- klasse ¹⁾	
Paulinenau e	29	Moor		513	9,0	Ansaat- grünland	D	B/C ₂₎
Iden	18	Aue	sL	518	8,6	Ansaat- grünland	D	C
Hayn	441	Bunt- sand- stein	sL	618	6,5	Submontane Wiesenfuchs- schwanzwies- e	B	C
Heßberg	380	Aue	L/T	760	7,1	Wiesenfuchs- schwanzwies- e	A	A
Oberweißb- ach	660	Schief- er	uL	842	5,9	Goldhaferwie- se	B	B
Wechmar	360	Musch- elkalk	L/T	550	7,9	Glatthaferwie- se, typische AF	E	D
Christgrün	420	Phyllit, Diabas	sL	722	7,4	Weidelgras- Weißkleeweide	B	C
Forchheim	565	Gneis	sL	879	6,5	Ansaatgrünla- nd	B	C
Graditz	83	Aue	sL	548	8,9	Frische Glatthaferwie- se	E	C

¹⁾ Nährstoffgehalt im Boden (CAL-Methode)²⁾ Grenzfall

P- bzw. K-Düngungsvarianten: **1:** ohne Düngung, **2:** Entzugsdüngung (Berechnungsgrundlage 0,3 % Phosphor bzw. 2 % Kalium i. d. TM des erzielten TM-Ertrages; gleitendes Mittel), **3:** P-Entzugsdüngung minus 50 % bzw. K-Entzugsdüngung minus 30 %, **4:** P-Entzugsdüngung plus 50 % bzw. K-Entzugsdüngung plus 30 %. Als Mineraldünger wurden Kalkammonsalpeter, 60er Kali und Triplesuperphosphat verwendet.

3 Ergebnisse

3.1 Ertrag

Düngungsversuche mit Phosphor und Kalium auf Grünland geben infolge ihrer „Schlaggeschichte“, Standortvariabilität und Bestandesvielfalt oft erst nach mehrjähriger Versuchsdauer Auskunft über die Düngewirkung auf Boden und Pflanze. Deshalb werden nachfolgend beim Ertrag sowie den Mineralstoffgehalten der Pflanzen die Ergebnisse des fünften Versuchsjahres und bei den Bodenuntersuchungsergebnissen nur die Entwicklungstendenzen dargestellt.

Ausgehend von der allgemein vorliegenden Gesetzmäßigkeit, dass bei niedrigen P- bzw. K-Gehalten des Bodens [Gehaltsklassen (GK) A und B] insgesamt hohe und bei hohen P- bzw. K-Gehalten des Bodens (GK D und E) nur geringe Mehrerträge durch Düngung erzielbar sind, lassen sich die Versuchsergebnisse wie folgt einordnen:

Die Ertragswirkung in den P-Düngungsversuchen belegen im Jahr 2001 (Tab. 2) in fast allen Fällen das Ertragsverhalten der Vorjahre. Der Zusammenhang zwischen Ertragswirkung der P-Düngung und P-Gehalt des Bodens zeigt sich wie folgt:

- Bei den 5 Versuchen mit niedrigen P-Gehalten des Bodens (vorwiegend GK-B) ist die P-Düngewirkung insgesamt nur gering. In einigen Fällen wird der Ertrag durch die 1,5-fache P-Entzugsdüngung doch deutlich erhöht (beispielhaft siehe Abb. 1).
- In den 4 Versuchen mit GK-D und E liegt, wie erwartet, keine Beziehung zwischen P-Düngewirkung und P-Gehalt des Bodens vor.

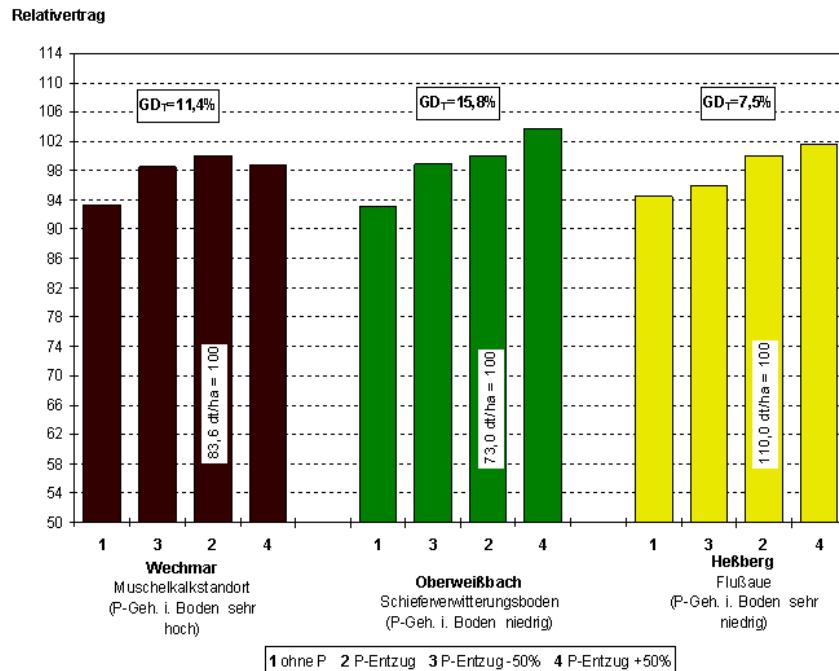


Abbildung 1: Ertragswirkung der P-Düngung (Mittel 1. bis 5. Versuchsjahr)

Tabelle 2: Relative TM-Erträge (dt/ha) der P-Versuche im 5. Versuchsjahr (2001)

Prüf- glied	Versuchsorte								
	I den	Hay n	Pauli- nen- aue	Heß- berg	Ober- weißba- ch	Wech- mar	Christ- grün	Forch- heim	Gradi- t z
Varianzanalyse, TM dt/ha, F-Test, 1,0 E = rel. 100 % gesetzt									
GD _{5%}	n.s. ¹⁾	n.s. ¹⁾	n.s. ¹⁾	n.s. ¹⁾	n.s. ¹⁾	n.s. ¹⁾	n.s. ¹⁾	n.s. ¹⁾	n.s. ¹⁾
ohne	107	98	91	97	96	94	96	98	96
1,0 E	71,7	95,9	82,0	108,8	75,2	92,2	82,3	87,7	92,8
0,5 E	100	106	104	94	102	101	99	100	97
1,5 E	104	116	97	99	107	93	97	104	96
N kg/ha	200	200	0	300	200	180	180	180	120
Schnitt e	4	4	3	4	3	3	4	4	2

¹⁾ nicht signifikant

Die K-Düngewirkung auf den Trockenmasse-Ertrag ist in Tabelle 3 zusammen-
gestellt.

Tabelle 3: Relative TM-Erträge (dt/ha) der K-Versuche im 5. Versuchsjahr (2001)

Prüf- glied	Versuchsorte								
	I den	Hayn	Pauli- nenau e	Heß- berg	Ober- weißba ch	Wech- mar	Christ- grün	Forch- heim	Gradit z
Varianzanalyse, TM dt/ha, F-Test, 1,0 E = rel. 100 % gesetzt									
GD _{5%p}	n.s. ¹⁾	n.s. ¹⁾	18	n.s. ¹⁾	10	n.s. ¹⁾	9	n.s. ¹⁾	n.s. ¹⁾
ohne	86	92	61	90	34	97	79	95	92
1,0 E	77,8	85,6	74,5	111,7	73,4	84,9	90,9	90,0	95,3
0,7 E	98	102	100	95	103	104	94	98	101
1,3 E	107	99	94	97	119	102	99	101	103
N kg/ha	200	200	0	300	200	180	180	180	120
Schnitt e	4	4	3	4	3	3	4	4	2

¹⁾ nicht signifikant

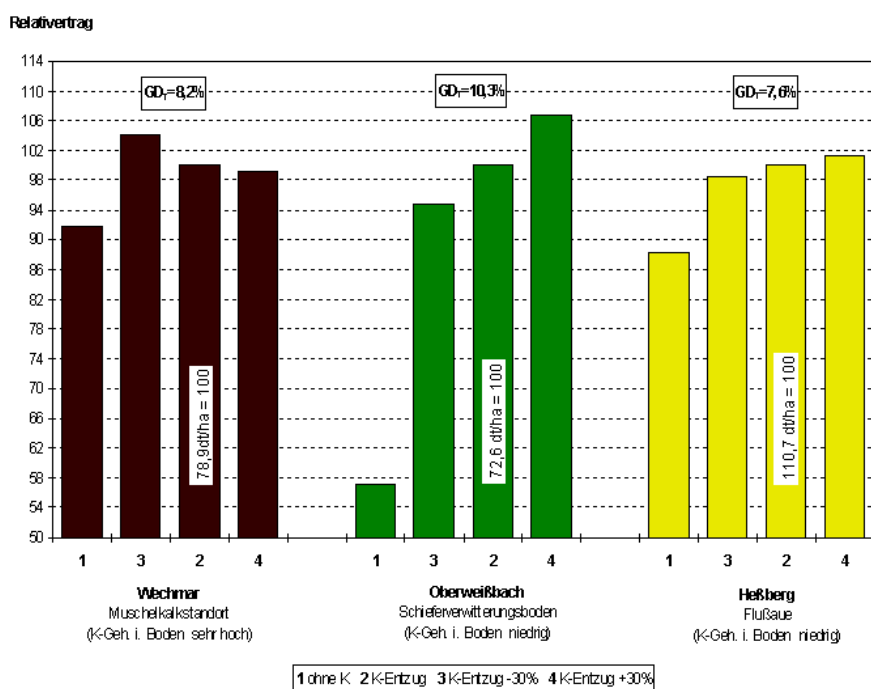


Abbildung 2: Ertragswirkung der K-Düngung (Mittel 1. bis 5. Versuchsjahr)

- Auf den Standorten mit niedriger K-Versorgung des Bodens (Paulinenaue und Oberweißbach) werden erwartungsgemäß sehr hohe Mehrerträge durch K-Düngung erzielt. In Hessberg sind offenbar infolge hoher K-Nachlieferung des Bodens wesentlich geringere Mehrerträge zu erreichen.
- Hohe K-Gehalte im Boden weist nur der Versuch Wechmar auf. Unter diesen Bedingungen bleiben infolge hoher K-Reserven des Bodens Mehrerträge weitgehend aus (beispielhaft siehe Abb. 2).
- In den anderen 5 Versuchen mit GK C liegen die Mehrerträge durch K-Düngung im Bereich von 5 bis 15 % (außer Christgrün 21 %) und entsprechen so mehrheitlich dem bekannten Ertragsverhalten bei verabfolgter K-Düngung.

3.2 P- und K-Gehalte in der Pflanze

Der **P-Gehalt** in der Pflanze korreliert eng mit der Höhe der P-Düngung. (Tab. 4).

Auf der ungedüngten Variante liegt der P-Gehalt im Vergleich zur entzugsorientierten P-Düngung mehr oder weniger deutlich niedriger. Er ist allerdings trotz hoher negativer P-Bilanz im Boden auf fast allen Standorten noch nicht unter den ernährungsphysiologisch determinierten Zielwert abgesunken. Die Höhe der P-Gehalte in den Pflanzen auf der Kontrollvariante weist einen Trend zum P-Gehalt im Boden auf (beispielhaft Abb. 3).

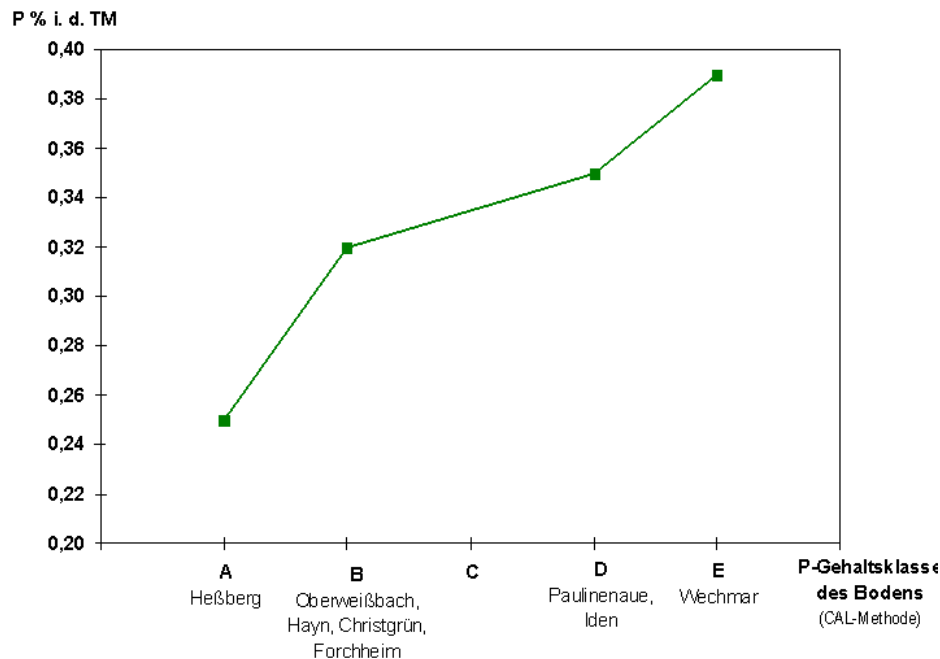


Abbildung 3: P-Gehalt (% i.d.TM) von Grünland (Mittel aller Schnitte und Jahre, ungedüngt) in Abhängigkeit vom P-Gehalt des Bodens (GK)

Am Standort Graditz erfolgte eine späte Zweischnittnutzung, so dass die Ergebnisse nicht vergleichbar mit denen der anderen Standorten sind.

Tabelle 4: P-Gehalt der Pflanze (% i. d. TM) in Abhängigkeit vom P-Düngungsniveau (5. Versuchsjahr, 2001)

Prüf- glied	Versuchsorte								
	Iden	Hayn	Pauli- nau- e	Heß- berg	Ober- weiß- bach	Wech- mar	Christ- grün	Forch- heim	Gradi- t z
P-Gehalt in % TS- gewogenes Mittel									
ohne	0,33	0,29	0,28	0,24	0,33	0,39	0,31	0,31	0,23
1,0 E	0,38	0,37	0,31	0,33	0,37	0,41	0,34	0,36	0,25
0,5 E	0,38	0,34	0,30	0,28	0,36	0,42	0,33	0,34	0,24
1,5 E	0,40	0,42	0,32	0,36	0,39	0,44	0,36	0,34	0,25

Der **K-Gehalt** in der Pflanze wird deutlich von der Höhe der K-Düngung beeinflusst (Tab. 5). Verzicht auf K-Zufuhr führt auf den Standorten mit niedrigen K-Gehalten des Bodens und gleichzeitig geringer K-Nachlieferung (Paulinenaue, Oberweißbach) zu starkem K-Mangel in der Pflanze (unter 1 % i. d. TM). Auch auf den Bergstandorten sowie dem Auestandort Heßberg liegen die K-Gehalte deutlich unter den aus ernährungsphysiologischer Sicht angestrebten 2 % i. d. TM. Nur auf den

Auenlehm Boden Iden sowie dem Muschelkalkverwitterungsstandort Wechmar (stimmt mit der ausbleibenden K-Ertragswirkung infolge hohen K-Gehaltes im Boden überein!) befindet sich trotz negativer K-Bilanz der K-Gehalt der Pflanzen noch im günstigen Bereich. Die Ergebnisse belegen, insbesondere auf den Bergstandorten (beispielhaft Abb. 4), eine tendenzielle Beziehung steigender K-Gehalte der Pflanzen mit steigendem K-Gehalt des Bodens bei unterlassener K-Düngung. Bei hoher und über dem Entzug liegender K-Düngung kommt es oft zu einen „Luxuskonsum“ der Pflanzen. Im Verlauf des Versuchszeitraumes ergeben sich, ausgenommen die 1,3-E-Variante, auf den meisten Standorten beträchtliche Negativbilanzsummen.

Tabelle 5: K-Gehalt (% i. d. TM) in Abhängigkeit vom K-Düngungsniveau (5. Versuchsjahr, 2001)

Prüf- glied	Versuchsorte								
	Iden	Hayn	Pauli- nen- aue	Heß- berg	Ober- weißba- ch	Wech- mar	Christ- grün	Forch- heim	Gradi- tz
K-Gehalt in % TS- gewogenes Mittel aller Aufwüchse									
ohne	2,4	1,9	0,8	1,2	0,6	2,0	1,5	1,6	1,0
1,0 E	3,1	3,0	1,9	2,5	1,8	2,8	2,2	3,0	1,6
0,7 E	2,8	2,3	1,6	2,3	1,5	2,6	2,2	2,7	1,5
1,3 E	3,2	3,1	2,2	3,1	2,2	2,9	2,8	3,3	1,6

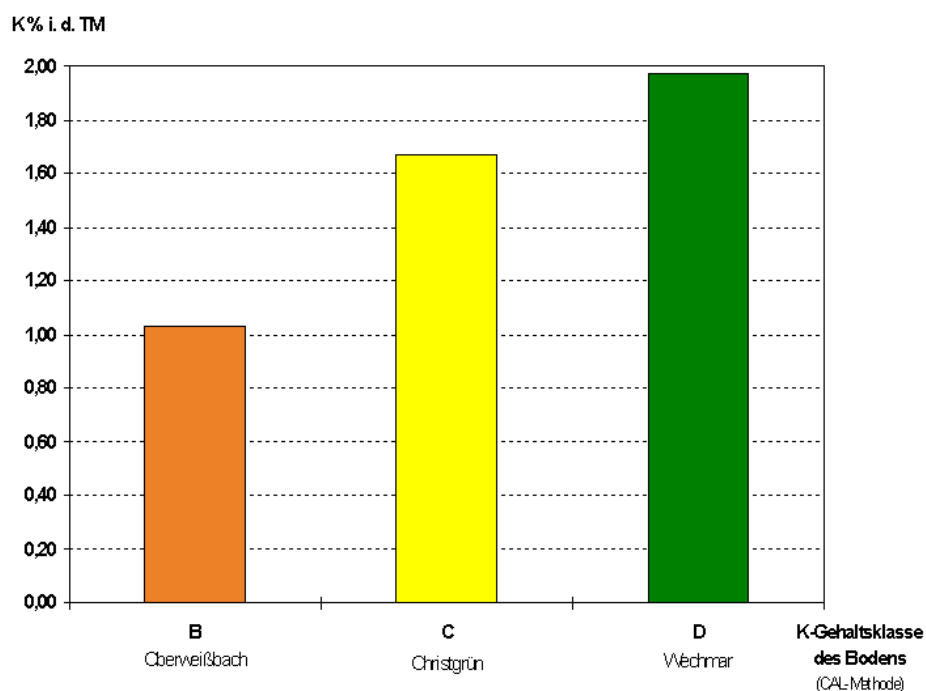


Abbildung 4: K-Gehalt (% i. d. TM) von Grünland (Mittel aller Schnitte und Jahre, ungedüngt) in Abhängigkeit vom K-Gehalt des Bodens (GK) auf Bergstandorten

3.3 Nährstoffgehalte im Boden

Beim P-Gehalt des Bodens besteht mehrheitlich eine Beziehung zur Düngermenge bzw. zur P-Bilanz im Boden. Auf den Standorten Wechmar und Graditz mit sehr hohem P-Gehalt des Bodens wird bei unterlassener P-Düngung der P-Gehalt des Bodens bis zum 5. Versuchsjahr um 5 bis 6 mg/100 g Boden vermindert.

Die K-Gehalte im Boden nehmen im Versuchszeitraum, mit Ausnahme der Variante 1,3 E mehr oder weniger (Wechmar, Iden, Forchheim) stark ab.

Die Reduzierung beträgt bei hohem K-Ausgangsgehalt (13 bis 18 mg/100 g Boden) bis zu 7 mg/100 g Boden, bei mittlerem K-Gehalt (10 bis 11 mg/100 g Boden) bis zu 5 mg/100 g Boden und bei niedrigem K-Gehalt (5 bis 6 mg/100 g Boden) maximal 1 mg/100 g Boden. Mit Ausnahme der drei sächsischen Standorte (Christgrün, Forchheim, Graditz) deutet sich in den K-Gehaltsänderungen des Bodens eine Beziehung zur Düngermenge an.

4 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse belegen eine unterschiedliche Ertragswirkung der P- und K-Düngung auf Grünlandstandorten. Von einigen „Ausreißern“ abgesehen, besteht eindeutig der Trend einer Abhängigkeit der P- bzw. K-Düngewirkung vom P- bzw. K-Gehalt des Bodens. Auf Standorten mit niedrigem K-Gehalt und gleichzeitig geringerem Nachlieferungsvermögen wird der Ertrag durch K-Düngung signifikant erhöht.

Die enge Beziehung zwischen P- bzw. K-Gehalt im Futter und der P- und K-Düngung stellt ein erwartetes Resultat dar. Die Mineralstoffgehalte der Pflanzen sind weit mehr vom Pflanzenbestand, vom Standort schlechthin, als von der analysierten P- bzw. K-Nährstoffversorgung des Bodens abhängig. Der P-Gehalt der Pflanzen weist auf der Kontrollvariante eine positive Beziehung zum P-Gehalt des Bodens auf. Abgeschwächt gilt eine solche Tendenz auch für Kalium. Der K-Gehalt im Boden nahm im 5-jährigen Untersuchungszeitraum auf den meisten Standorten, außer bei Variante 1,3 E, ab, was seine Ursache in den hohen K-Entzügen findet.

Dieser Zusammenhang ist bei Phosphor nur bei sehr hohen P-Gehalten des Bodens ausgeprägt. Das zeigt, dass Phosphor und Kalium auch auf dem Grünland einer deutlich unterschiedlichen Dynamik im Boden unterliegen. Die Bodenuntersuchungsergebnisse allein kennzeichnen auch im fünften Versuchsjahr noch nicht ausreichend genug die P- bzw. K-Düngewirkung. Auf einzelnen Standorten besteht allerdings unterdessen die sich verstärkende Tendenz zunehmender Mehrerträge durch P-Düngung bei gleichzeitig abnehmendem P-Gehalt des Bodens.

5 Schlussfolgerungen

Eine standortdifferenzierte P- und K-Düngung erweist sich als zweckmäßig, wobei auf dem Grünland die standorttypische Pflanzengesellschaft und der für die Tierernährung wünschenswerte Mineralstoffgehalt des Futters Beachtung finden sollte. Diesem Aspekt kommt bei der weiteren Auswertung der Versuchsergebnisse besondere Bedeutung zu.

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchung haben für die Düngerbemessung ausreichend orientierenden Charakter.

Eintrag von Schwermetallen in Böden über Wirtschaftsdünger

Döhler, H. (Darmstadt), Schultheiss, U.; Eckel, H. und Roth, U.

Schwermetalle, die über die Tierhaltung mit Wirtschaftsdüngern (Gülle, Stallmist, Jauche) auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgebracht werden, werden als wichtige Quelle für Schwermetallbelastungen unserer Böden angesehen. Mit der Erstellung der Studie „Schwermetalle in der Landwirtschaft“ (Wilcke und Döhler 1995) wurden die Haupteintragspfade für Schwermetalle auf landwirtschaftlich genutzten Böden in Deutschland identifiziert. Dabei wurde auf Basis der bis dahin verfügbaren Daten errechnet, dass über die Wirtschaftsdünger mehr als 45 % des Zinks (Zn), 70 % des Kupfers (Cu) und 40 % des Nickels (Ni) in unsere Agrarökosysteme gelangen. Diese Anteile sind für Cadmium (Cd), Chrom (Cr) und Blei (Pb) weit geringer.

Aus Gründen des vorsorgenden Bodenschutzes wird seit einiger Zeit von Umwelt-Verbänden und der Umwelt-Politik eine Begrenzung der Schwermetalleinträge in Böden nicht nur über Mineral- und Sekundärrohstoffdünger, sondern auch über Wirtschaftsdünger gefordert. Zur Ermittlung der durch Wirtschaftsdünger bedingten Einträge wird im Zuge dieser Forderungen die Schwermetallfracht (Produkt aus Schwermetall-Konzentration und Wirtschaftsdüngermenge) herangezogen.

Im Beitrag wird ein Bewertungsansatz vorgestellt, der der Tatsache, dass ein erheblicher Teil der Wirtschaftsdüngerschwermetalle –genauso wie die Nährstoffe– im Betriebskreislauf geführt werden, und deshalb zwischen Brutto- und Nettoeinträgen unterschieden werden muss. Diese Nettoeinträge werden den Schwermetallfrachten aus Mineral- bzw. Sekundärrohstoffdüngern gegenübergestellt. Die aus diesem Bewertungsverfahren abgeleiteten Wirtschaftsdünger Nettokonzentrationen verursachen –abgesehen von Cu und Zn– weit geringere Schwermetallfrachten als Mineraldünger und insbesondere als Klärschlamm und Kompost.

Trotzdem müssen alle Möglichkeiten zur Reduzierung der Schwermetallkontamination von Wirtschaftsdüngern genutzt werden, um einer innerbetrieblich ausgeglichenen Schwermetallbilanz möglichst nahe zu kommen. Die Möglichkeiten zur Reduzierung der Einträge über die Tierfütterung werden im Beitrag Schultheiß/Döhler im selben Band diskutiert.

Einträge und Verhalten von Tierarzneimitteln in Böden

Höper, Heinrich (Bremen); Sczesny, Silke; Pawelzik, Heike; Nau, Heinz; Hamscher, Gerd

In Deutschland werden jährlich zwischen 1000 und 2000 t Veterinärpharmaka eingesetzt. Viele Wirkstoffe werden im Tier nur unvollständig abgebaut und gelangen über Wirtschaftsdünger in die Böden. Während neu zuzulassende Stoffe seit 1996 einer ökotoxikologischen Überprüfung zu unterziehen sind, galt dieses für Altstoffe noch nicht. Die mengenmäßig bedeutendsten Tierpharmaka, v.a. Tetracycline und Sulfonamide, sind Altstoffe und daher nicht im Hinblick auf ihre Umweltwirkungen überprüft. Es stellt sich die Frage, ob bei einem Eintrag dieser Tierpharmaka in Böden eine Gefährdung von Bodenorganismen und Grundwasser zu befürchten ist.

In Niedersachsen werden seit 1999 Untersuchungen zum Eintrag und Verbleib von Tetracyclinen, und seit 2001 auch von Sulfonamiden, in Böden durchgeführt. Im Rahmen des Untersuchungsprogramms „Arzneimittel in der Umwelt“ des Bund-Länder-Ausschusses Chemikaliensicherheit (BLAC) wurden 2000 und 2001 Wirtschaftsdünger-, Boden- und Sicker- bzw. Grundwasserproben von 14 Betrieben aus dem Niedersächsischen Boden-Dauerbeobachtungsprogramm auf die o.g. Tierarzneimittel untersucht. In allen 7 untersuchten Gülleproben wurden Tetracycline in Konzentrationen zwischen 0,1 und 45 mg/kg Frischgülle, in 5 Gülleproben Sulfonamide in Konzentrationen zwischen 0,3 und 2,9 mg/kg nachgewiesen. Im Boden wurden Tetracycline auf 6 von 14 Flächen und Sulfonamide auf 4 von 14 Flächen gemessen. Es wurden Gehalte von 1 bis 158 µg/kg Tetracyclin, von 2 bis 17 µg/kg Chlortetracyclin und von 0,3 bis 11 µg/kg Sulfadimidin nachgewiesen. Bei dem Wert von 158 µg Tetracyclin pro kg Boden handelt es sich um einen Mittelwert von 4 Teilflächen und 3 Schichten a 10 cm, in den ein maximaler Einzelwert von 307 µg/kg eingeht.

Wiederholungsuntersuchungen im Rahmen des BLAC-Untersuchungsprogramms sowie Intensivuntersuchungen auf einer Boden-Dauerbeobachtungsfläche zeigen, dass die Gehalte im Laufe der Zeit zunehmen. Tetracycline sind offensichtlich sehr persistent im Boden und akkumulieren, wenn sie weiter mit den Wirtschaftsdüngern eingetragen werden. Diese Entwicklung muss mit Sorge betrachtet werden.

Bezüglich der toxischen Wirkung auf Bodenorganismen liegen derzeit nur wenige Untersuchungen vor. Eine schwache Wirkung auf die Reproduktion von Collembolen wurde von Jensen et al. (2001) bei 100.000 µg/kg für Oxytetracyclin nachgewiesen. Eigene Untersuchungen zeigen eine nachhaltige Erhöhung des metabolischen Quotienten, als Quotient aus Basalatmung und mikrobieller Biomasse, bei einer Konzentration von 10.000 µg/kg Tetracyclin. Dies deutet auf eine verringerte Effizienz der Substrat- und Energienutzung der Mikroorganismen hin.

In über Saugsondenanlagen gewonnenem Sickerwasser, sowie in oberflächennahem Grundwasser (2 bis 8 m unter Flur) konnten selbst unter belasteten Böden keine Tetracycline nachgewiesen werden. Dies ist vermutlich auf die starke Sorption dieser Wirkstoffe an die Festsubstanz des Bodens zurückzuführen.

Selbst wenn bisher noch keine negativen Effekte auf Bodenorganismen und Wasserqualität nachgewiesen werden konnten, sind diese Untersuchungen zu intensivieren und auch auf andere, mengenmäßig oder aufgrund ihrer Wirksamkeit bedeutsame Tierarzneimittelwirkstoffe auszuweiten, um ökotoxikologische Risiken vollständig ausschließen zu können.

Unerwünschte Stoffe im Klärschlamm

Bischoff, Reiner (Speyer)¹

1. Einleitung

Klärschlamm als Düngemittel enthält aufgrund seiner Entstehung ein breites Spektrum an mineralischen und organischen Schadstoffen. Das Problem der Schadstoffe wird dadurch relevant, dass persistente Stoffe im Boden angereichert werden können, so die Abfuhr mit der Pflanzenernte niedriger ist als die Zufuhr über die Düngemittel oder wenn durch den Transfer zur Pflanze die Nahrungs- oder Futterqualität verschlechtert wird. Bei nicht persistenten Substanzen (Krankheitserreger) besteht nur eine kurzfristige Gefahr durch direkten Kontakt bei offener Ausbreitung des Düngers auf der Fläche oder durch Kontakt mit verunreinigten Maschinen und Geräten. Eine Gefahr über Nahrungs- und Futterpflanzen ist weitgehend dadurch ausgeschlossen, dass durch die Pflicht der Einarbeitung ein direkter Kontakt des Aufwuchses mit dem Klärschlamm verhindert wird. Noch nicht endgültig geklärt ist die Frage ob organische Schadstoffe wie z.B. Organochlorverbindungen oder endokrine Substanzen und Pflanzenschutzmittelrückstände durch die Klärschlammdüngung in Nahrungs- und Futterpflanzen gelangen und dort angereichert werden. Auch das Risiko des Austrags in das Grund- oder Oberflächenwasser ist zu beachten.

Zur Minimierung der Gefahren wurden gesetzliche Regelungen geschaffen (AbfKlärV, Düngemittelgesetz und Düngeverordnung). In der AbfKlärV(1992), weiterhin als KSVO bezeichnet, sind Grenzwerte festgelegt bei deren Überschreitung der Klärschlamm keiner landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt werden darf (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Grenzwerte der AbfKlärV(1992) für Klärschlamm:

Schwermetalle

Element	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
Grenzwert mg/kg TM	900	10 / 5*	900	800	200	8	2500 / 2000*

*auf Böden mit pH 5-6, leichte Böden mit < 5% Tongehalt

organische persistente Schadstoffe

Substanz	polychlorierte Biphenyle (PCB) K28, K52, K101, K138, K153, K180 jeweils	polychlorierte Dibenzodioxine/ Dibenzofurane (PCDD / PCDF)	Summe halogen-organische Verbindungen AOX
Grenzwert	0,2 mg/kg TM	100 ng/kg TCDD-TE	500 mg/kg TM

Auch für Böden wurden Obergrenzen für Schwermetalle festgelegt, bei deren Überschreitung auf diesen Flächen keine Klärschlammdüngung erfolgen darf. (Siehe AbfKlärV (1992))

Die derzeit gültigen Schadstoff-Grenzwerte und -Parameter für die Verwertung von Klärschlamm als Dünger werden unter Berücksichtigung weiterer umweltpolitischer Ziele erneut diskutiert. Vorschläge für eine erhebliche Absenkung und Einbeziehung weiterer Parameter sind bereits vorhanden (BMVEL und BMU (2002)).

¹ eMail: bischoff@lufa-sp.vdlufa.de

2. Entwicklung der Schadstoffgehalte im Klärschlamm

Die Befunde der nach der KSVO untersuchten Klärschlämme (KS), für die eine Verwertung als Düngemittel vorgesehen war, zeigen deutlich abnehmende Schadstoffgehalte im zeitlichen Verlauf. So ist festzustellen, dass sich die gesetzlichen Regelungen positiv auf die Schadstoffgehalte der KS ausgewirkt haben. Bei einem Vergleich der durchschnittlichen Untersuchungsbefunde für Schwermetalle aus den Jahren 1971-1980 und 1996-2001 der bei der LUFA Speyer untersuchten Klärschlämme, werden die absinkenden Gehalte sehr deutlich sichtbar (siehe Tabelle 2). Ebenfalls sind mittleren Befunde aufgeführt, für die Klärschlämme, die seit 1958 auf den Humusversuch Speyer/Rinkenbergerhof aufgebracht wurden (Versuchsplan siehe Bischoff, R. u. Emmerling, R. (1996)). Die Werte liegen z.T. mehrfach über den Schwermetallgehalten der von 1996 bis 2001 untersuchten Klärschlämme und geben ebenfalls einen Hinweis auf rückläufige Belastungen.

Tabelle 2: Mittlere Schadstoffgehalte der Klärschlämme aus der Klärschlammkontrolle der LUFA Speyer 1971-2001 und der im Humusversuch Speyer verwendeten Klärschlämme.

Kriterium	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn	As	AOX	PCDD/PCD F
Zeitraum	mg/kg TM								mg Cl/kg	ng TE/kg
Humusversuch										
1958/98*) n=24	265	7,80	134	351	49	2,4	1591			
1971/80**) n=222	254	6,00	437	310	57	2,6	1516	5,00		
1996/97*) n=1338	88	1,40	37	208	30	0,55	1013	5,40	189	13,0
1998/99**) n=1327	87	1,20	41	213	32	0,44	964	4,95	172	11,0
2000/01**) n=1142	81	1,20	42	218	31	0,43	925	5,80	156	10,0

*) Mittelwerte; **) Median

An den Befunden der Jahren 1996 bis 2001 ist ein weiterer Rückgang bei den Elementen Blei, Cadmium Zink und Quecksilber festzustellen. Dagegen bleiben die Werte bei Kupfer, Chrom und Nickel weitgehend konstant bzw. steigen leicht an. Hierbei wirkt sich offensichtlich die zunehmende Verwendung dieser Stoffe bei der Installation in Neubauten und bei anderen Gebrauchsgegenständen aus. Bei Arsen sind die Gehalte ebenfalls relativ konstant, dieses ist in Rheinland-Pfalz auf die geologischen Verhältnisse zurückzuführen unter denen regional Quellwasser mit hohen Arsengehalten austritt.

Tabelle 3: Anteile der Schwermetallbefunde der im Zeitraum 2000/2001 untersuchten Klärschlämme in Gruppen relativ zum Grenzwert der AbfKlärV (1992).

Gruppe/Element	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
>GW	0,35	0,00	0,00	0,88	0,00	0,09	0,87
<50% GW	99,4	99,6	99,9	88,9	99,5	99,6	82,8
<25% GW	98,7	96,7	99,2	43,0	89,1	98,0	21,8
<10% GW	61,6	59,1	95,3	4,8	15,0	80,5	2,0

Setzt man die Schwermetallbefunde aus der Klärschlammkontrolle der Jahre 2000/2001 in Bezug zu den Grenzwerten der KSVO, so ergibt sich, dass bei 1,9% der Klärschlämme eine Grenzwertüberschreitung nach der KSVO vorliegt. 25% der

Schlämme überschreiten den halben Grenzwert bei mindestens einem der in der KSVO genannten Schwermetalle. Allerdings ist die Situation bei den einzelnen Elementen sehr unterschiedlich. Bei Cadmium, Chrom und Nickel kamen keine Überschreitungen des Grenzwertes der KSVO vor. Dagegen lagen ca. 1% der Befunde bei Kupfer und Zink oberhalb des Grenzwertes, bei diesen Elementen liegen auch nur 43% bzw. 21,8% der Befunde unterhalb von 1/4 des Grenzwertes der KSVO. Bei den anderen Elementen unterschreiten 90% bzw. mehr als 90% diesen Wert (siehe Tabelle 3). In der Klasse der Klärschlämme mit Gehalten unterhalb von 10% des Grenzwertes der KSVO sind bei den einzelnen Elementen sehr unterschiedliche Anteile zu finden. Während bei Chrom 95% der Analysenbefunde unterhalb dieser Schwelle liegen, sind es bei Kupfer nur 4,8% und bei Zink nur 2%.

Bei **organischen Schadstoffen** überschritten bei den von der LUFA Speyer in den Jahren 2000/2001 untersuchten Klärschlämmen nur ca. 1,5% der Proben den Grenzwert der KSVO. Die AOX-Befunde lagen bei ca. 30% der Proben unterhalb von 1/4 des Grenzwertes der KSVO (siehe Tabelle 4). Auch bei diesen Substanzen ist seit 1996 ein leichter Rückgang der mittleren Gehalte festzustellen (siehe Tabelle 2).

Tabelle 4: Anteile der Befunde organischer Schadstoffe der im Zeitraum 2000/2001 untersuchten Klärschlämme in Gruppen relativ zum Grenzwert der AbfKlärV (1992).

Gruppe/Element	AOX	PCDD	K28	K52	K101	K138	K153	K180
>GW	1,24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
<50% GW	88,8	100	100	100	100	98,1	97,7	98,9
<25% GW	29,8	97,7	98,9	100	98,1	81,5	84,9	91,3
<10% GW	3,1	46,0	96,2	98,1	78,1	28,7	32,1	50,9

3. Auswirkung der Schadstoffeinträge durch Klärschlammdüngung

Entsprechend den Schadstoffgehalten im Klärschlamm erfolgen in Abhängigkeit von der Ausbringmenge Einträge in den Boden. Es stellt sich aber die Frage nach dem Verbleib dieser Stoffe im Boden. Welche Mengen könne analytisch mit der Bodenuntersuchung nachgewiesen werden? Finden Austräge bei Schwermetallen statt? Welche Bedeutung hat der Abbau bei organischen Schadstoffen und in wieweit werden die Stoffe von den Pflanzen aufgenommen und belasten Nahrungs- und Futtermittel. Zu diesen Fragen sollen beispielhaft einige Ergebnisse aus längjährigen Dauerfeldversuchen der LUFA Speyer gebracht werden.

3.1 Schadstoffe im Boden

Im Humusversuch Speyer wurde nach 38 Versuchsjahren der Boden bis in 120 cm Tiefe in vier Schichten von je 30 cm untersucht. Den Schwermetallfrachten wird in Tabelle 5 die Anreicherung der Schwermetalle im Boden in der Schicht von 0-30 cm und 30-60 cm Tiefe als Differenz zur unbehandelten Kontrolle gegenübergestellt. Die Ergebnisse zeigen eine recht gute Übereinstimmung der Frachten mit der Anreicherung. Gewisse Abweichungen sind auf Streuungen durch die Inhomogenität der Flächen zurückzuführen. Durch die relativ schwermetallreichen Schlämme (siehe Tabelle 2) erfolgte eine entsprechende Anreicherung der Bodenwerte.

Tabelle 5: Schwermetallzufuhr und Anreicherung im Boden (berechnet aus der Differenz der analysierten Gesamt-Gehalte (Könw.-Auszug) zwischen Kontrolle (ohne org.Düngung) und Klärschlammvariante) nach 38 jähriger Klärschlamm Düngung

Element Profiltiefe	PB kg/ha	CD	CR	CU	NI	HG	ZN
0-30 cm	108	3,6	49	101	16,1	0,6	542
30-60 cm	23	0,0	8	22	2,0	0,1	84
Summe	131	3,6	57	122	18	0,7	626
Zufuhr bis 1996	92	2,8	47	113	16	0,8	532

Bei den organischen Schadstoffen liegen auch für AOX, nur in begrenztem Ausmaß Bodenuntersuchungsbefunde aus den Langzeitversuchen vor. Untersuchungen von Wildhagen,H., Brandt,M. u. Rost,U (1999) die im Humusversuch Speyer/Rinkenbergerhof durchgeführt wurden zeigen, dass AOX durch die Klärschlammgaben nur bis in die Tiefe von 30-60 cm angereichert wurde. Eine derartige Tiefenverlagerung ist auch bei einigen Schwermetallen festzustellen.

3.2 Schadstoffgehalte im Pflanzenaufwuchs

Die Schwermetallgehalte der Pflanzen zeigen nur eine geringe Abhängigkeit zum Schwermetallgehalt der Böden. Deutlich stärker beeinflusst der pH-Wert die Gehalte im Erntegut. Da mit der Klärschlammmanwendung auch erhebliche Kalkmengen zugeführt wurden, liegt der pH-Wert dieser Parzellen deutlich höher als in der Kontrolle, das hat teilweise niedrigere Schwermetallgehalte in den Pflanzen zur Folge (Bischoff,R. (1993)).

Bei den organischen Schadstoffen (PCB und PCDD/PCDF) konnte auch in Versuchen mit Anwendung belasteter Klärschlämme bzw. mit sehr hohen Klärschlammgaben keine Erhöhung der Gehalte im Pflanzenwuchs festgestellt werden (Kampe,W., Zürcher,C. u. Jobst.H. (1987). In einem Feldversuch mit hohen Klärschlammgaben unterschiedlicher Schadstoffbelastung, der in Speyer/Rinkenbergerhof durchgeführt wurde war sowohl bei polychlorierten Biphenylen (PCB) als auch bei polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD) und polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) kein Einfluß der Klärschlammgaben auf die PCB Gehalte in Möhren und im Möhrenkraut festzustellen (siehe Tabelle 6). Obwohl wir davon ausgingen, dass durch den direkten Kontakt der Möhrenwurzel mit dem angereicherten Medium Boden eine Aufnahme der Schadstoffe zu erwarten wäre, zeigten die Ergebnisse sehr niedrige Konzentrationen in der Möhre. Die Gehalte im Kraut lagen dagegen deutlich höher, aber unabhängig von der Klärschlammgabe. Es muss somit davon ausgegangen werden, dass die Gehalte in der Atmosphäre wesentlich stärker den Gehalt der Schadstoffe beeinflussen als die Bodengehalte. Frühere Untersuchungen im Humusversuch Speyer zeigten ebenfalls, dass in den Varianten mit Klärschlamm Düngung keine Anreicherung der Gehalte von chlorierten organischen Schadstoffen im Pflanzenaufwuchs festzustellen ist.

Tabelle 6: Einfluß des Gehaltes an organischen Schadstoffen im Klärschlamm auf den Gehalt im Boden und in Möhren im Feldversuch Speyer 1990

Varianten Aufwandmenge	Einheit	Kontrolle	Klärschlamm 5 t TM/ha	belastet 250 t TM/ha	Klärschlamm unbelastet 5 t TM/ha	250 t TM/ha
PCDD/PCDF im Klärschlamm	ng TE / kgTM		93		34	
PCDD/PCDF im Boden 7 Mon.n.Anw.	ng TE / kgTM	1,5			1,7	3,2
PCDD/PCDF im Boden 13 Mon.n.Anw.	ng TE / kgTM	0,87	0,91	3,9		
PCDD/PCDF in Möhren 13 Mon.n.Anw.		0,08		0,10		
PCDD/PCDF in Möhrenkraut 13 Mon.n.Anw.		0,41		0,40		

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Durch die Verwertung von Klärschlämmen auf landwirtschaftlichen Flächen werden diese, in Abhängigkeit vom Schadstoffgehalt, insbesondere mit Schwermetallen befrachtet. In Versuchen, in denen sehr hohe Mengen an Klärschlamm über lange Zeiträume aufgebracht wurden, ist eine entsprechende Anreicherung in den Böden festzustellen. Die Klärschlammanalysen der letzten Jahre zeigen jedoch einen starken Rückgang der Schwermetallgehalte. Mit Ausnahme von Kupfer, Zink und Nickel liegen die Schwermetallgehalte nur bei ca. 1/3 der durchschnittlichen Gehalte der im Humusversuch Speyer eingesetzten Klärschlämme. Sowohl bei den Schwermetallen als auch bei den untersuchten organischen Schadstoffen war gegenüber den Kontrollvarianten in den mit Klärschlamm gedüngten Varianten keine erhöhte Aufnahme der Schadstoffe in die Pflanzen festzustellen.

Die mit Klärschlämmen mittlerer Schwermetallgehalte ausgebrachten Schwermetallmengen entsprechen mit Ausnahme von Kupfer und Zink nahezu den Mengen die im Hintergrundpapier des BMU/BMVEL zur Anhörung „Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm.“ enthalten sind. Allerdings führen die in dem Papier vorgeschlagenen Grenzwerte für Kupfer und Zink dazu, dass mehr als 90% der Klärschlämme, die in 2000/2001 bei der LUFA Speyer untersucht wurden, nicht mehr in der Landwirtschaft verwertbar sind. Bei den Elementen Kupfer und Zink, die auch als Mikronährstoffe für die Pflanzen von Bedeutung sind, liegen die mit der Ernte abgefahrenen Mengen in üblicher Fruchtfolgen, deutlich über den Frachten die mit den vorgeschlagenen neuen Grenzwerten möglich sind. Eine Bewertung von Grenzwerten für Schadstoffe erscheint somit im Blick auf Frachten und spezifische Wirkungen erforderlich.

Literatur:

AbfKlärV, 1992: Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 15.04.1992, Bundesgesetzblatt, Teil I, Jahrg. 1992, 912-934.
 Bischoff, R. 1993: Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Forschungsbericht 10701011/02. Langzeituntersuchungen des Verhaltens von Schadstoffen im Boden am Beispiel der Anwendung von Siedlungsabfällen, Teilvorhaben 2. 1993

Bischoff,R. u. Emmerling,R. 1996: Nährstoffverwertung in Abhängigkeit von der organischen Düngung in einem 36jährigen Dauerversuch, VDLUFA Schriftenreihe 44, Kongressband 1996.

BMVEL u. BMU, 1992: Gute Qualität und sichere Erträge, Vorschlag zur Begrenzung des Eintrages von Schadstoffen bei der Düngung landwirtschaftlicher Nutzflächen. Berlin, Juni 2002.

Kampe,W., Zürcher,C. u. Jobst,H. 1987: Potentielle organische Schadstoffe in Böden und Pflanzen nach intensiver Klärschlammanwendung. VDLUFA Schriftenreihe, 23, Kongressband 1987.

Wildhagen,H., Brandt,M. u. Rost,U. 1999: Verbundforschungsvorhaben, Teilprojekt Beeinflussung der Grundwasserqualität mit N, K, P, Na, DOC, TOC, AOX, Zn, Cu und Ni bei langfristiger Anwendung von Bioabfallkompost und Klärschlamm, Endbericht. Selbstverlag FG Bodenkunde Univ. Gh. Kassel 1996.

Wirkungen von Tetracyclin auf die Bodenmikroflora

Tapernon, Simone (Osnabrueck); Steingaß, Pascal; Fründ, Heinz-Christian

Problemstellung:

- Antibiotika, besonders Tetracyclin, werden verbreitet in der Intensivtierhaltung eingesetzt und gelangen über die Gülle in den Boden, in die Umwelt.
- Auswirkungen auf die Bodenmikroflora sind bisher nur wenig untersucht worden

Zielsetzung:

- Untersuchung der Hemmwirkung, zur Überprüfung der Veränderung in der Bodenmikroflora
- Untersuchung zur Resistenzinduktion durch Tetracycline in Gülle und Boden
- Methodenentwicklung zur einfachen und schnellen Feststellung des Resistenzgrades

Methodik:

- Inkubation von Bodenproben mit definierter Menge an Tetracyclin (0 .. 0,1 .. 0,5 .. 1 .. 100 mg/kg)
- Hemmwirkung über Messung der Bodenatmung und der Substrat induzierten Respiration
- Bestimmung des globalen Tetracyclin-Resistenzgrades der Mikroflora über Keimzahlbestimmung mittels Verdünnungsreihen auf Mikrotiterplatten

Ergebnisse:

Hemmwirkung:

Hemmungen der Bodenmikroflora wurden ab 1 mg Tetracyclin pro kg Boden beobachtet

- die Hemmwirkung äußert sich in verzögertem Beginn der exponentiellen Wachstumsphase und / oder einer verringerten Wachstumsrate μ
- die Hemmkonzentration ist in schwerem Boden höher als in leichtem Boden

Resistenzinduktion:

- in mit Tetracyclin inkubierten Böden ist der Anteil resistenter Keime tendenziell erhöht
- erhöhte Resistenzgrade treten bereits bei Konzentrationen im Boden unterhalb der Hemmschwelle auf
- die unspezifische Erfassung des globalen Tetracyclin-Resistenzgrades auf Mikrotiterplatten eröffnet Möglichkeiten für einfache Screening-Untersuchungen, bedarf aber noch einer weiteren Entwicklung

Neue Tendenzen beim Phosphatrecycling

Von Sothen, Florian (Bonn)¹

Phosphat wird, insbesondere vor dem Hintergrund der steigenden Weltbevölkerung, in immer größeren Mengen am Weltmarkt nachgefragt (Steen, 1998). Die Lagerstätten mit hochwertigen Phosphaten sind begrenzt. Während Autos z.B. mit Wasserstoff fahren können (letztlich nur ein Kostenfrage), kann Pflanzen kein substituierender Nährstoff für Phosphat angeboten werden. Schon aufgrund der Ressourcengerechtigkeit gegenüber nachfolgenden Generationen ist mit den verbleibenden Lagerstätten sparsam umzugehen.

Da der Nährstoffkreislauf bei Phosphat in Deutschland nicht mehr wie in früheren Jahrhunderten weitestgehend geschlossen ist, ist der landwirtschaftliche Sektor mit rund 400.000 t P_2O_5 p.a. an Mineraldünger (Statistisches Bundesamt, 2002), ergänzend zu Phosphatimporten durch Futtermitteln der mit Abstand größte Phosphatabnehmer in Deutschland. Die aktuelle Diskussion um Klärschlamm zeigt, daß aufgrund von Schadstoffen im Schlamm auch dieses bislang zu 45 % genutzte Phosphatpotential (Statistisches Bundesamt, 2001) der Landwirtschaft verloren gehen kann.

Da die o.g. umwelt- und ressourcenökonomischen Aspekte nicht internalisiert werden, müssen sich die Verfahren zumeist noch an den Rückgewinnungskosten messen lassen, wobei der cif-Preis für Phosphaterz in Europa bei z.Zt. rund 40 US-\$ pro t Phosphaterz (28 % P_2O_5 -Gehalt) liegt. Aufbereitet kommen sie als mineralische P-Dünger für rund 0,40 €/kg P_2O_5 in den Handel.

Verfahrenstechnisch gibt es prinzipiell zwei Wege zur Rückgewinnung von Phosphat ohne die im Klärschlamm vorhandenen Schadstoffe:

- aus dem in einer Mono(!)-Verbrennung veraschten Klärschlamm
- als separate P-Fällung aus dem Abwasserstrom nach vorangegangener mechanischer und biologischer Abwasserbehandlung auf der Kläranlage

Eine P-Rückgewinnung aus Aschen der Co-Verbrennung in Braun- oder Steinkohlekraftwerken ist gänzlich unwirtschaftlich, weil der P-Verdünnungseffekt in der P-armen Kohlenasche zu groß ist, als das sich eine nur annähernd wirtschaftliche Rückgewinnung lohnen würde. Zumindest im Rheinland und im Mitteldeutschen Braunkohlerevier wird die Monoverbrennung gegenüber der Co-Verbrennung zu Mehrkosten von 150 €/t Klärschlamm (TS) führen (Sintic & Drees; 2001). Bei der Rückgewinnung aus der Asche gibt es verschiedene Verfahren. So besteht eine verfahrenstechnische Lösung darin, die Asche aus der Klärschlamm-monoverbrennung zu mahlen. Klärschlämme bei denen die P-Fällung auf der Kläranlage biologisch statt chemisch durchgeführt wurde, können auf einen zusätzlichen Säureeinsatz verzichten und stattdessen die Asche mit heißem Wasser behandeln, wodurch die Säurekosten entfallen. Das so aus der Asche gelöste Phosphat wird dann in einem Ionenaustauscher separiert. Darüber hinaus fällt bei der biologischen P-Elimination weniger Klärschlamm an, der sich aber durch einen

¹ Universität Bonn, Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre,
c/o Büro von Sothen, Kaiser-Konrad Str. 26, 53225 Bonn, sothen@t-online.de

höheren Phosphatgehalt auszeichnet, was sich günstig auf die P-Rückgewinnungskosten auswirkt. Buer, Montag & Seyfried (2002) beziffern die Kosten dieses Verfahrens auf rund 3,50 bis 4 €/kg P (Bio-P-Elimination), was rund 4,50 €/Einwohner entspricht, wobei ein Großteil der Mehrkosten durch die Monoverbrennung resultieren (s.o.). Auf der Kläranlage werden darüber hinaus Fällmittel gespart.

Unter Berücksichtigung dererlei Gesichtspunkte unterscheidet sich die biologische P-Elimination preislich nicht von der chemischen Variante. Darüber hinaus werden z.B. bei dem in den Niederlanden ansässigen Unternehmen Thermphos Klärschlämme mit Eisenfällung aus verfahrenstechnischen und ökonomischen Gründen von der Aufbereitung ausgeschlossen, wohingegen Aluminium als Fällmittel akzeptiert wird und auch vollständig zurückgewonnen werden kann (Schipper et. al., 2001).

Bei der P-Rückgewinnung aus dem Abwasserstrom nach vorangegangener mechanischer und biologischer Abwasserbehandlung auf der Kläranlage wird das Phosphat nicht in den Primär- und/oder Sekundärschlamm gefällt. Auch hier gibt es verschiedene Verfahrenstechniken. So kann Phosphat als sog. Tertiärschlamm aus dem Klarwasserabstrom der Kläranlage gefällt, wofür dem Nachklärbecken eine Nachfällung mit eigenem Absetzbecken nachgeschaltet wird. Dieser Schlamm ist bei separater Erfassung und Verwendung abfallrechtlich nicht als Klärschlamm anzusprechen, sondern vielmehr düngemittelrechtlich als ein Rückstandskalk, wenn als Fällmittel Kalk verwendet wird, wodurch ein Tertiärschlamm in Form von Calciumphosphat entsteht, der für die landwirtschaftliche als auch forstwirtschaftliche Verwertung sehr geeignet ist.

Daneben gibt es als besondere Variante der P-Rückgewinnung aus dem Abwasserstrom, die sog. P-Kristallisation. Sie erfolgt, bei Anwendung des sog. Hauptstromverfahrens, ebenfalls nach der mechanischen und biologischen Abwasserbehandlung. Dabei wird das gelöste Phosphat im Abwasser durch Zugabe Mg-haltiger Fällsubstanzen im sog. Kristallisator, einem mit Prozeßwasser gefülltem Wirbelschichtreaktor, innerhalb von 10 Tagen zu Struvit mit einem Kristalldurchmesser von 0,5 bis 1 mm kristallisiert. Dieses Prozedere kann aber auch im sog. Nebenstromverfahren auf der Kläranlage praktiziert werden. Der Hauptvorteil besteht in einer um 40 % niedrigeren Fällmittelzugaben bei 90%iger P-Rückgewinnungsleistung im Vergleich zum Hauptstromverfahren. Bei letzterem werden von 1.000 kg P im Kläranlagenzulauf rund 650 kg P als Struvit gefällt, 220 kg verbleiben im Klärschlamm und 125 kg P verlassen die Kläranlage mit dem geklärten Abwasser. Die Betriebskosten pro kg P im Nebenstromverfahren beziffern Buer, Montag & Seyfried (2002) im großtechnischen Maßstab auf 0,5 bis 0,8 € (ohne Afa). Eine solche Kristallisationsanlage wird für rund 230.000 Einwohner in Geestmerambacht in den Niederlanden betrieben, wo die Phosphatpellets aus Struvit als Rohmaterial für die Düngemittelproduktion verwendet werden, aber auch schon in der Geflügelproduktion eingesetzt wurden (Gaastra et al., 1998). In Japan gibt es in Küstennähe Kristallisatoren, die zu 10 % mit Meereswasser gefüllt werden, um durch das darin enthaltene Magnesium und Natrium entsprechende teuren Fällmittel und pH-stabilisierende Zuschlagsstoffe einzusparen (Kumashiro, Ishiwatari & Nawamura; 2001)

Tabelle 1: Charakteristika der P-Rückgewinnungsverfahren

	Nachfällung	Kristallisation Hauptstrom	Kristallisation Nebenstrom	Rückgewinnung aus Asche
Kosten	mittel	mittel	niedrig	hoch
P-Rückgewinnungsquote	40 - 65 %	65 - 70 %	60 - 65 %	90 %
Technische Umsetzbarkeit	kurzfristig	aufwendig	aufwendig	sehr aufwendig
Endprodukt	Calciumphosphat	Struvit	Struvit	je nach Technik, bei Thermphos P4

Die Verfahren der P-Rückgewinnung bieten die Chance, Phosphat auch aus solchen Abwasserströmen zurückzugewinnen, deren Klärschlamm aufgrund von hohen Schadstoffgehalten im Abwasser sonst für eine landwirtschaftliche Verwertung nicht geeignet wäre. Insbesondere bei den Kristallisationsverfahren kann eine Kristallisation mit hohen Beimischungen von nicht kristalltypischen Stoffen nicht zustande kommen. Tabelle 2 zeigt die Daten zur stofflichen Beschaffenheit von Struvit aus Japan. Zur stofflichen Beschaffenheit des Abwassers, aus dem das Struvit gewonnen wurde, waren keine Daten verfügbar.

Tabelle 2: Stoffliche Beschaffenheit des MAP-Granulats aus Kitakyushu/ Japan

TS-Gehalt (%)	N (%)	P (%)	K (mg/kg)	As (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Cd (mg/kg)
41,8	5,5	12,5	565	0,7	<0,003	Unter der Nachweisgrenze

Quelle: Kumashiro, Ishiwatari & Nawamura; 2001

Dennoch gilt es anhand von analytischen Testreihen noch zu prüfen inwieweit z.B. endokrine Substanzen, die ohnehin nur in minimalsten Dosen vorkommen, hier als Verunreinigung vielleicht doch noch in einer Konzentration in die Struvitkristalle eingebaut werden. Sollte dies der Fall sein, würde womöglich das eigentliche Ziel einer etwaigen breiten Einführung dieser Verfahrenstechnik, nämlich nahezu schadstofffrei Phosphatdünger aus dem Abwasser zu erzeugen, dann doch nicht erreicht. Es besteht also noch Forschungsbedarf an dieser ansonsten vielversprechenden Technik.

Literaturverzeichnis:

Buer, T.; Montag, D.; Seyfried, A. (2002): Gewinnung von Phosphat und anderen Nährstoffen aus Klärschlamm: Techniken und Wirtschaftlichkeit, in: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm, Gülle und anderen Düngern unter Berücksichtigung des Umwelt- und Verbraucherschutzes; BMU / BMVEL - Wissenschaftliche Anhörung, 25.-26.10.2001 in Bonn, Darmstadt.

Gaastra, S. et al. (1998): Full scale phosphate recovery at sewage treatment plant Geestmerambacht; Vortrag auf der International Conference on the recovery of phosphorus from sewage and animal waste, Warwick Universität / Niederlande, 6. – 7. 05.1998; veröffentlicht auf der Vortrags-CD-ROM (Hrsg.: CEFIC & CEEP) der 2nd International Conference on the recovery of phosphorus from sewage and animal waste, Noordwijkerhout / Niederlande, 12. – 13. 03.2001.

Kumashiro, K.; Ishiwatari, H.; Nawamura, Y. (2001): A pilot plant study on using seawater as a magnesium source for struvite precipitation, veröffentlicht auf der Vortrags-CD-ROM (Hrsg.: CEFIC & CEEP) der 2nd International Conference on the recovery of phosphorus from sewage and animal waste, Noordwijkerhout / Niederlande, 12. – 13. 03.2001.

Schipper et. al. (2001): Phosphate recycling in the phosphorus industry, *Environmental Technology*, Nr. 11, S. 1337 – 1345.

Sintic, A.; Drees, K. (2001): Entwicklung der Klärschlammentsorgung im europäischen Raum, *KA – Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall*, Nr. 8.

Statistisches Bundesamt (2002): Pressemitteilungen Düngemittelstatistik im Jahr 1999/2000 und 2000/2001; www.destatis.de

Statistisches Bundesamt (2001): Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 1998, Wiesbaden.

Steen, I. (1998): Phosphorus availability in the 21st century - Management of a non-renewable resource, *Phosphorus & Potassium*, Nr. 217.

Schwermetall-Einträge durch Wirtschaftsdünger von 1986 bis heute- Ergebnisse aus dem bayerischen Boden-Dauerbeobachtungsprogramm

Müller, Christa; Ebert¹, Titus (Freising)

1. Einleitung

Wirtschaftsdünger können neben den für Pflanzen *erwünschten Nährstoffen* auch *unerwünschte Begleitstoffe wie Schwermetalle* enthalten. Ursache können Futtermittelrohstoffe und Futterzusätze, Betriebsmittel, aber auch diffuse Quellen wie Abrieb von Stalleinrichtungen oder Lagerungsbehältern sein. In der derzeitigen Diskussion um eine einheitliche Bewertung von Düngemitteln werden Wirtschaftsdünger daher im Hinblick auf vorsorgenden Bodenschutz und Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung zunehmend kritisch beurteilt.

Im vorliegenden Beitrag werden Schwermetall-Untersuchungen für Rinder- und Schweinegülle aus den Jahren 1986, 1993 und 1999 vorgestellt, die im Rahmen eines landesweiten **Boden-Dauerbeobachtungs-Flächen (BDF)**-Programms durchgeführt wurden.

Zielsetzung des Programms ist, wie sich Stoffeinträge aus der Luft und infolge landwirtschaftlicher Bewirtschaftung langfristig auf den Boden auswirken. Hierzu wurden bereits 1985 133 landwirtschaftlich genutzte BDF nach standortkundlichen Kriterien und jeweils vorherrschender Nutzung überwiegend auf Praxisbetrieben eingerichtet (Abb. 1).

Aufgrund der regelmäßigen Durchmischung der Ackerkrume können Stoffeinträge auf Ackerflächen allenfalls langfristig durch periodische Bodenuntersuchungen nachgewiesen werden. Um die Höhe der Stoffeinträge durch verschiedene Eintragspfade und mögliche zeitliche Änderungen zu erfassen, werden auf landwirtschaftlichen BDF auch pfadbezogene Messungen durchgeführt.

2. Material und Methoden

1986/87 wurden erstmals Rinder- und Schweinegülle von BDF-Betrieben auf die Schwermetalle Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Quecksilber (Hg) und Zink (Zn) untersucht. Die Untersuchungen wurden 1993 und 1999 wiederholt. Da der Stichprobenumfang bei Schweinegülle in der

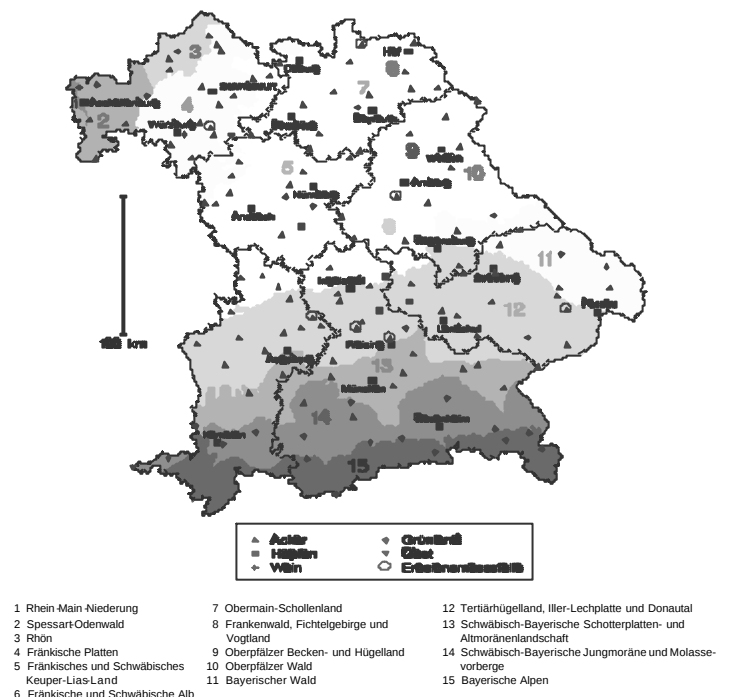


Abb. 1: Standorte der landwirtschaftlichen BDF in Bayern

¹ eMail: christa.mueller@lbp.bayern.de

Erstuntersuchung vergleichsweise gering war, wurden in den Wiederholungsuntersuchungen zusätzliche Mast- und Zuchtschweinebetriebe beprobt.

Aufschluss: Königswasseraufschluss

Messung: Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn mit Atomabsorption (AAS), Hg mit Hydridsystem AAS-FIAS;

Bestimmungsgrenzen: Pb 2; Cd 0,02; Cr, Cu, Ni, Zn 0,25; Hg 0,01 mg/kg TS.

3. Ergebnisse und Diskussion

Außer bei Cadmium und Quecksilber weist Schweinegülle meist höhere Schwermetallgehalte als Rindergülle auf (Tab. 1).

Tab. 1: Schwermetallgehalte in Schweine- und Rindergülle - 1986 bis heute (mg/kg TS)

Schwermetall	Schweinegülle			Rindergülle		
	1986 (n=8)	1993 (n=27)	1999 (n=25)	1986 (n=41)	1993 (n=43)	1999 (n=35)
Blei	7	10	17	6	12	10
Cadmium	0,61	0,35	0,30	0,46	0,28	0,25
Chrom	9	9	9	8	5	5
Kupfer	663	216	353	38	38	48
Nickel	12	9	11	5	5	5
Quecksilber	0,07	0,02	0,01	0,11	0,06	0,01
Zink	1070	425	1150	189	191	319

Blei, Cadmium, Chrom, Nickel, Quecksilber

Für *Cadmium* und *Quecksilber* ist von 1986 bis 1999 bei beiden Tierarten eine Halbierung der insgesamt niedrigen Gehalte messbar, während die *Blei*-Gehalte im Mittel um das 1,5 (*Rindergülle*) bzw. 2,5 fache (*Schweinegülle*) angestiegen sind. Die *Nickel*- und *Chrom*werte sind auf niedrigem Niveau nahezu unverändert.

Kupfer, Zink

Schweinegülle

Aufgrund der hohen Kupfer- und Zink-Gehalte wird Schweinegülle im Hinblick auf mögliche stoffliche Bodenbelastungen als besonders kritisch eingestuft. Das Schwermetall Kupfer wirkt in hohen Dosierungen desinfizierend und bakterizid und wird deshalb vor allem in der Ferkelfütterung prophylaktisch gegen Durchfallerkrankungen sowie zur Leistungsförderung eingesetzt.

Bei den untersuchten BDF-Betrieben konnte zu Beginn der Zeitreihe zwischen 1986 und 1993 eine Abnahme der *Kupfer*-Gehalte um > 60 % festgestellt werden. Dies war ursächlich auf die Änderung der Futtermittel-Verordnung (FMVO) mit einer Absenkung des zulässigen Kupfer-Zusatzes in Futtermitteln zurückzuführen.

So war 1985/86 bei Mastschweinen ein Cu-Zusatz von 175 mg Cu/kg Futter (<16 Wochen) bzw. 100 mg Cu/kg Futter (16 Wochen bis 6 Monate) zulässig (Untersuchung 1986). Mit der Änderung der FMVO 1987 wurde der Kupferzusatz bei Mastschweinen ab der 16. Woche von 100 auf 35 mg Cu/kg Futter und bei Zuchtschweinen von 50 auf 35 mg Cu/kg Futter herabgesetzt (Untersuchung 1993).

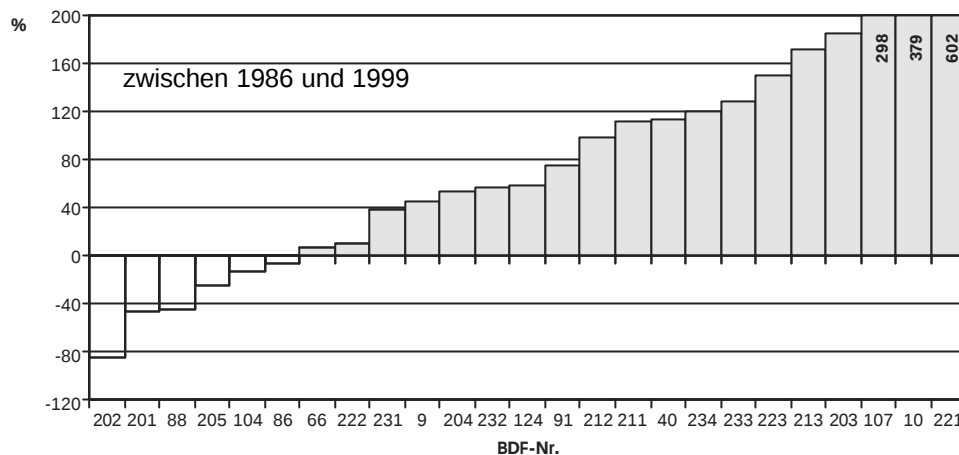


Abb. 2: Veränderung des Kupfergehalts in Schweinegülle zwischen 1993 und 1999 (in %)

Demgegenüber wurde bei der Beprobung 1999 bei über 75 % der Schweinegülle wieder ein deutlicher Anstieg der Kupfer-Werte gemessen (Abb. 2).

So lagen 1999 in 40 % der Fälle die Kupfer-Gehalte um Faktor 2 bis 7 höher als 1993. Sie blieben jedoch im Mittel mit 353 mg Cu/kg TS deutlich unter den Werten von 1986 (663 mg Cu/kg TS).

Da Kupfer und Zink mit dem Mineralfutter meist gemeinsam verabreicht wird, ist der *Zink*-Verlauf in der Schweinegülle weitgehend parallel zur Entwicklung der Kupfergehalte. Für Zink geht jedoch der Anstieg zwischen 1993 und 1999 im Mittel über den Ausgangswert von 1986 hinaus (Tab. 1). Der nach FMVO zulässige Zink-Zusatz in Futtermitteln betrug während des gesamten Untersuchungszeitraums 250 mg Zn/kg TS.

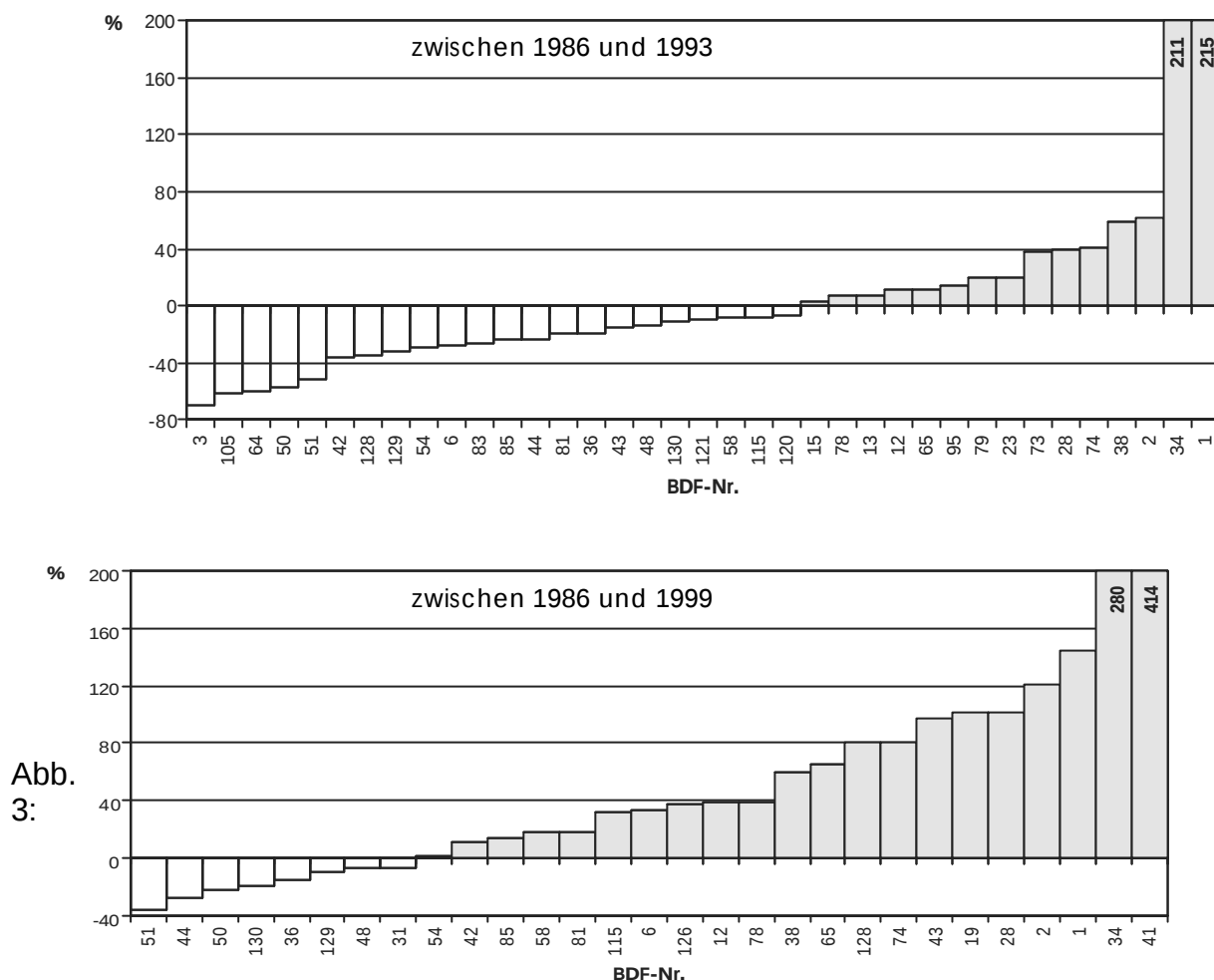
Rindergülle

Für Rindergülle ergibt sich ein anderes Bild:

Von 1986 bis 1993 war der *Kupfer*-Gehalt im Mittel gleich, die Zu- und Abnahmen hielten sich etwa die Waage. 1999 war bei etwa 2/3 der Proben eine leichte Zunahme gegenüber 1986 messbar, nennenswerte Anstiege (> Faktor 2) traten jedoch nur bei < 10 % der Rindergülle auf (nicht dargestellt).

Die prozentualen Veränderungen der *Zink*-Gehalte zwischen 1986 und 1993 bzw. 1986 und 1999 sind für die einzelnen BDF in Abb. 3 dargestellt. Aufgenommen wurden nur BDF-Betriebe mit Rinderhaltung im gesamten Beobachtungszeitraum.

Bei der Beprobung 1986 und 1993 waren die Zn-Werte fast gleich, nur bei zwei Betrieben stiegen die Gehalte bereits deutlich an. Von der 2. zur 3. Beprobung verstärkte sich der Aufwärtstrend, so dass 1999 bei knapp 70 % der Rindergülle die Zink-Werte über dem Gehalt von 1986 lagen, und zwar im Mittel um 70 % (Median 1986: 189 mg Zn/kg TS; 1999: 319 mg Zn/kg TS).



Veränderung des Zinkgehaltes in Rindergülle von 1986 – 1993 und von 1986 – 1999 (in %)

Der Anstieg des Kupfer- und Zink-Gehaltes in Schweinegülle bzw. des Zink-Gehaltes in Rindergülle zwischen 1993 und 1999 steht in ursächlichem Zusammenhang mit dem Wegfall antibiotischer Leistungsförderer. Anfang der 90er Jahre waren noch 10 antibiotische Leistungsförderer zugelassen. Derzeit haben nur mehr drei noch eine Zulassung, nämlich die Wirkstoffe Avilamycin, Flavophospholipol und Salinomycin-Natrium.

Nach vorliegenden Ergebnissen werden die zulässigen Höchstgehalte an Kupfer und Zink in Futtermitteln derzeit weitgehend ausgeschöpft, um die bakterizide Wirkung der Schwermetalle auszunutzen.

Mit der Cu- und Zn-Supplementierung durch Mineralfuttermittel gelangen jedoch auch vermehrt unerwünschte Schwermetalle wie z.B. Blei in Wirtschaftsdünger, wie der Anstieg der Blei-Gehalte v.a. bei Schweinegülle zeigt (Tab. 1).

4. Schlussfolgerungen

Die BDF sind aufgrund ihrer Kontinuität ein geeignetes Instrumentarium, um zeitliche Veränderungen von Stoffeinträgen durch landwirtschaftliche Bewirtschaftung nachweisen zu können. Zur Erfassung *kurzfristiger* Veränderungen ist jedoch eine pfadbezogene Messung, wie sie in Bayern auf landwirtschaftlichen Flächen durchgeführt wird, erforderlich.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass sich Rinder- und Schweinegülle hinsichtlich ihrer Schwermetall-Gehalte z.T. erheblich unterscheiden. Dies betrifft vor allem Kupfer und Zink.

Gesetzesänderungen in den letzten zwei Jahrzehnten, wie die Verschärfung der Futtermittel-Verordnung Ende der 80er Jahre oder das Verbot mehrerer Antibiotika seit Mitte der 90er Jahre konnten unmittelbar in einer Änderung der Schwermetall-Gehalte der Wirtschaftsdünger gemessen werden. Dies betrifft vor allem die Gehalte an Kupfer, Zink und Blei in Schweinegülle, aber auch in Rindergülle. Die Untersuchungen liefern damit einen wichtigen Beitrag zur derzeitigen Diskussion um die einheitliche Bewertung von Düngemitteln im Hinblick auf den vorsorgenden stofflichen Bodenschutz.

Die vom BMU/BMVEL aus den Vorsorgewerten der Bundes-Bodenschutz-Verordnung (BBodSchV) abgeleiteten Grenzwertvorschläge für Wirtschaftsdünger (UBA, 2001) könnten nach den vorliegenden Ergebnissen für Blei, Cadmium, Quecksilber, Chrom und Nickel bei allen Bodenarten eingehalten werden.

Ein Problem stellen die zu hohen Kupfer- (Schweine) und Zink-Gehalte (Schweine und Rinder) in Wirtschaftsdüngern dar, die bekanntermaßen überwiegend von der Cu- und Zn-Supplementierung durch Mineralfuttermittel herrühren. Die Umsetzung der Vorschläge des ständigen Futtermittel-Ausschusses der EU zur deutlichen Herabsetzung der Kupfer- und Zink-Höchstgehalte in Alleinfuttermitteln für Schweine und Rinder würde dieses Problem an der Quelle anpacken und wesentlich entschärfen (s. hierzu auch Döhler u.a. (2002)).

Die mit der Cu- und Zn-Supplementierung zugleich eingetragenen unerwünschten Schwermetalle wie Blei könnten damit ebenfalls reduziert werden.

5. Literatur

Döhler, H., Schultheiß, U., Eckel, H., Roth, U. (2002): Schwermetallgehalte von Wirtschaftsdüngern in Deutschland und der EU. Wasser und Boden, **6**, 54 Jg. 6 ,4-9

MÜLLER C. (1997): Wirtschaftsdünger in: Boden-Dauerbeobachtungs-Flächen (BDF) – Bericht nach 10jähriger Laufzeit 1985-1995, Teil II Stoffeinträge – Stoffausträge –Schwermetallbilanzierung verschiedener Betriebstypen. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, **5/97**, 1.Jg., 87-117

Umweltbundesamt (2001): Grundsätze und Maßnahmen für eine vorsorgeorientierte Begrenzung von Schadstoffeinträgen in landbaulich genutzte Böden, UBA Texte 59-01.

Analytik von Mykotoxinen

K. Schwadorf, Stuttgart-Hohenheim¹

Getreide und andere pflanzliche Produkte können nach einem Befall mit Schimmelpilzen (Feldpilze, z.B. *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, und/oder Lagerpilze, z.B. *Aspergillus*, *Penicillium*) Mykotoxine verschiedenster Art (z.B. Zearalenon, Trichothecene, Mutterkornalkaloide, Aflatoxine, Ochratoxine, Schwarzepilztoxine) in sehr unterschiedlichen Konzentrationen (Bereich µg/kg – mg/kg) aufweisen. Von den bisher etwa 400 bekannten Pilzmetaboliten mit toxischer Wirkung wurden in Mitteleuropa unter natürlichen Bedingungen in Getreide und Futtermitteln nur relativ wenige, aber dafür recht wirksame Mykotoxine gefunden. Im Hinblick auf Häufigkeit des Auftretens, natürliche Gehalte, toxikologische Eigenschaften und/oder futter- bzw. lebensmittelrechtliche Regelungen haben in Deutschland für die Praxis derzeit vor allem die Aflatoxine, die Ochratoxine, das Zearalenon und die zahlreiche chemische Verbindungen umfassende Stoffgruppe der Trichothecene, besondere Bedeutung erlangt. Von den bislang aus Pilzkulturen isolierten ca. 150 verschiedenen Trichothecen-Verbindungen kommt nach heutigem Kenntnisstand in Futtermitteln allerdings nur eine eingeschränkte Anzahl vor (häufig DON, ADON, NIV, T-2). Zwingende Notwendigkeiten für die Analytik von Mykotoxinen sind einerseits in möglichen Auswirkungen auf die Tiergesundheit (akute, chronische Toxizität) und andererseits in der Forderung nach Lebensmittelsicherheit (carry over z.B. in Milch und Rückstände in essbarem Gewebe) zu suchen.

Eine Belastung von Getreide und Futtermitteln mit Schimmelpilzen und damit eine mögliche Kontamination mit Mykotoxinen läßt sich oftmals makroskopisch über Farbveränderungen, Korngröße, Geruch, Griff etc., mikroskopisch über Mycelfragmente, Sporen, Sklerotien etc., bzw. mikrobiologisch im Rahmen mykologischer Untersuchungen (Keimzahl, Infektionsrate) erkennen.

Basis für die korrekte Bewertung eines Gehaltes an Mykotoxinen in Futter- bzw. Lebensmitteln ist die Feststellung des tatsächlichen Gehaltes. Hierzu sind hinreichend leistungsfähige und ausreichend abgesicherte Untersuchungsverfahren notwendig. Der idealisierte Zustand wäre, möglichst viele bzw. alle in einer Probe vorliegenden Mykotoxine, bei niedrigen Nachweisgrenzen im unteren ppb-Bereich (µg/kg), hinreichend sicher und schnell (innerhalb weniger Stunden) erfassen zu können. Die Erfüllung all dieser Anforderungen ist derzeit nicht möglich bzw., und auch nur unter Einschränkungen, mit einem immens hohen Aufwand (physikalisch-chemische Methoden) verbunden.

Die Qualität und damit Aussage der Analytik von Mykotoxinen ist ursächlich abhängig von der Art der Probenahme und damit von der Sachkompetenz des Probennehmers. Grundsätzlich können Proben im Rahmen von Zustands- bzw. Übersichtsanalysen nach dem Zufallprinzip oder aber ganz gezielt, z.B. im Schadensfall, gezogen werden. Soll eine repräsentative Probe gezogen werden, d.h. die dann zur Untersuchung vorliegende Probe sollte möglichst genau die tatsächlichen Verhältnisse in der Gesamtmenge widerspiegeln, so ist einerseits zu beachten, daß sich im Getreidekorn entwickelndes Pilzmycel vorwiegend auf die

¹ eMail: schwadorf@710-lachemie.lach.uni-hohenheim.de

äußeren Kornschichten konzentriert ist, andererseits Pilzmycel im Probengut häufig zur Nesterbildung neigt.

Aufgrund mannigfaltiger Probenmatrices und unterschiedlicher chemischer Strukturen werden für Nachweis und Bestimmung der verschiedenen Mykotoxine in der Literatur zahlreiche Untersuchungsmethoden beschrieben. Es kommen dabei hauptsächlich chromatographische bzw. chromatographisch-spektroskopische Analysenmethoden und immunologische Tests zur Anwendung.

Nicht alle beschriebenen Mykotoxine sind quantitativ erfaßbar, da nur von einem Teil Referenzsubstanz kommerziell erhältlich ist. Sowohl für die physikalisch-chemischen als auch die immunologischen Methoden sind somit Verfügbarkeit und Qualität der Mykotoxin-Standardsubstanzen gleichermaßen essentiell. Zur Prüfung der Reinheit von Standardsubstanzen und/oder Konzentrationskontrolle von Standardlösungen bieten sich chromatographische (DC, GC, LC) und spektrometrische Verfahren (Photometrie, MS, NMR) an, auch in Kombination (GC/MS, LC/MS). Auf diese Weise sind auch analysenverfälschende bzw. störende Abbau- und Nebenprodukte, die aus den Mykotoxin-Standards herrühren, sicher erfaßbar. Derartige Kontrollen sind erfahrungsgemäß auch für zertifiziertes Standardmaterial und käufliche Standardlösungen erforderlich. Grundsätzlich ist auf die korrekte Handhabung der Standardsubstanzen und Standardlösungen wie Kühl- oder Gefrierlagerung, Lichtausschluß, Verwendung geeigneter Lösungsmittel etc. und die Haltbarkeit (teilweise Angabe eines ‚expiry date‘) zu achten.

Unter dem Aspekt einer verfahrensgerechten Probenaufarbeitung zum Nachweis und/oder zur Bestimmung von Mykotoxinen sind verschiedene Ansatzpunkte zu diskutieren. Zentrale Punkte sind Zeiterfordernis und Kostenintensität. In der Praxis werden daher immer häufiger schnelle und kostengünstige Screening-Verfahren, d.h. Übersichtsanalysen mit Ausschlußwirkung mittels kommerziell erhältlicher Testkits, den genaueren ‚wissenschaftlichen‘ Untersuchungsverfahren bevorzugt. Fragen nach Präzision und Richtigkeit der Untersuchungsergebnisse, nach Nachweis- und Bestimmbarkeitsgrenzen, nach weiteren zusätzlichen Absicherungsverfahren (falsch) positiver Befunde etc., treten dabei oft in den Hintergrund. Toxikologische Fragen nach möglichen additiven oder synergistischen Wirkungen durch das gemeinsame Vorkommen mehrerer Mykotoxine in der Probe scheinen praktisch gesehen fast nur wissenschaftlich diskutiert zu werden. Gegenüber der Bestimmung von Einzeltoxinen, insbesondere bei Einsatz kommerziell erhältlicher Mykotoxin-Testkits, bietet doch die analytische Erfassung mehrerer Toxine durch Anwendung von Multimykotoxinmethoden auch hier zumindest Möglichkeiten einer Abschätzung.

Dem Nachweis oder der Bestimmung von Mykotoxinen aus komplexen Matrices gehen Extraktions- und Reinigungsverfahren voraus.

Die möglichst quantitative Extraktion der Mykotoxine aus einer Probenmatrix erfolgt mit organischen Lösungsmitteln oder Lösungsmittelgemischen, z.B. Chloroform (Ochratoxine), Methanol/Wasser (ZON, ZOL), Aceton-Wasser (Aflatoxine), Acetonitril-Wasser (Trichothecene, ZON, ZOL). Wird bei der Bestimmung von ZON, α -ZOL, β -ZOL, DON und MAS das Vorliegen sog. ‚maskierter Mykotoxine‘ (als α -Glucosid oder β -D-Glucopyranosid) vermutet, wird vor der Extraktion zusätzlich eine enzymatische Inkubation der Proben erforderlich.

Um eine ausreichende Abtrennung interferierender Substanzen aus dem Probenmaterial zu gewährleisten, kommen zahlreiche Reinigungsverfahren zur

Anwendung. Dies sind oft Verfahren auf Basis der Verteilungschromatographie (Flüssig-Flüssig-Verteilung, Säure-Base-Verteilung, z.B. bei OTA, ZON, ZOL) und Adsorptionchromatographie (Säulenchromatographie an Florisil, Kieselgel, DC, semipräparative LC, z.B. bei Trichothecenen, ZON, ZOL, Aflatoxinen). In den letzten Jahren gewinnt im Rahmen der Untersuchung von Mykotoxinen mittels physikalisch-chemischer Bestimmungsverfahren mehr und mehr die immunologische Reinigung der Probenextrakte über kommerziell verfügbare Immunoaffinitätssäulen an Bedeutung, z.B. bei Aflatoxinen, ZON (Abb.1), DON.

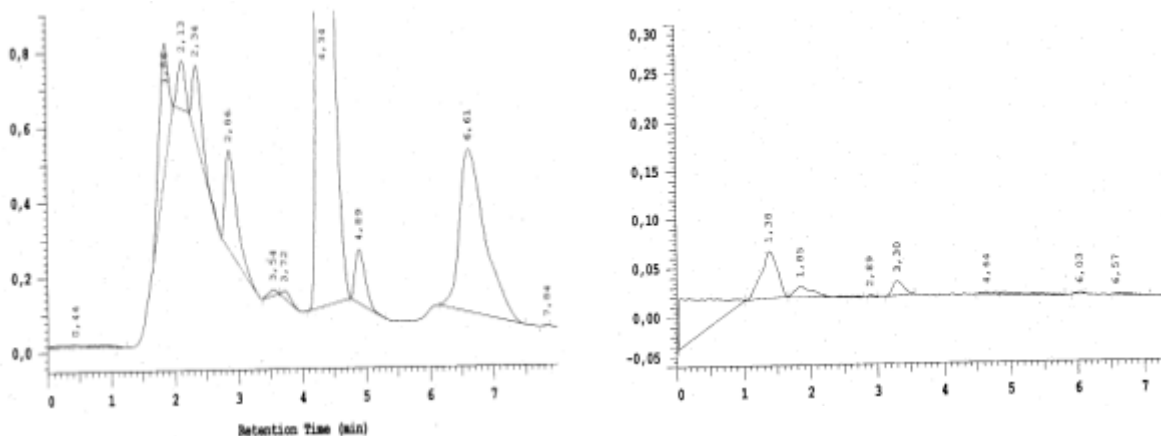


Abb.1: Bestimmung von ZON mittels HPLC und Fluoreszenzdetektion in einem Ergänzungsfutter für Rinder. Linke Abb.: Extrakt nach adsorptionschromatographischer Reinigung an Florisil; Retentionszeit ZON 6.61min, berechneter Gehalt 93ppb ZON. Rechte Abb.: Zusätzliche immunologische Reinigung mittels Easi-Extract Zearalenone®; Retentionszeit ZON 3.30min (erhöhter Acetonitrilanteil im Eluenten), ermittelter Gehalt 27ppb ZON.

In den Immunoaffinitätssäulen sind in einer Gelsuspension spezifische monoklonale Antikörper enthalten, die im Probenextrakt vorhandene Mykotoxinmoleküle selektiv und quantitativ binden. Störende Begleitstoffe werden größtenteils von der Säule gewaschen, der Antikörper-Toxin-Komplex anschließend denaturiert/zerstört, die Mykotoxine werden eluiert und können quantitativ bestimmt werden. Die Vorteile der immunologischen Reinigung gegenüber den klassischen chromatographischen Reinigungsverfahren liegen in der praktischen Verlustfreiheit der Reinigung (hohe Wiederfindung), im geringeren Zeitaufwand und der hohen Selektivität/Spezifität für ein Mykotoxin. Aus dem letzten Anspruch heraus ist jedoch für Multimykotoxinmethoden das immunologische Reinigungsverfahren derzeit noch nicht geeignet.

Im gereinigten Extrakt kann dann auf die Mykotoxine qualitativ und quantitativ mittels physikalisch-chemischer Verfahren untersucht werden.

Diese Extrakte werden zur chromatographischen Bestimmung mittels DC und LC in der Regel direkt eingesetzt

(ZON, ZOL, Ochratoxine, Aflatoxine). Eine

reproduzierbare Bestimmung mittels GC erfordert dagegen für die meisten Mykotoxinen vorab zusätzlich eine Derivatisierung,

d.h. Veresterung mit z.B. TFAA, BSTFA, etc., in stabile und leichtflüchtige Komponenten.

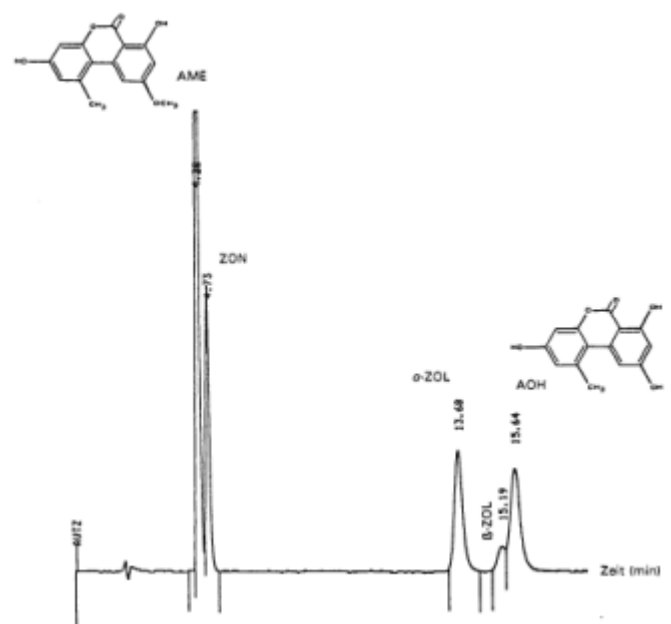
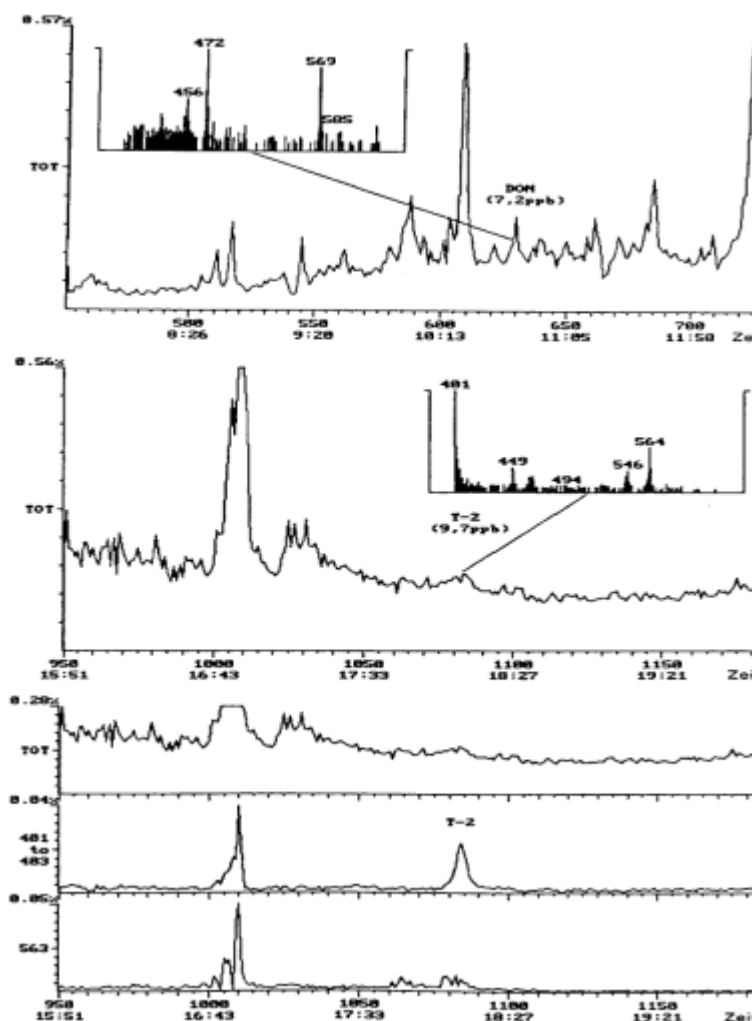


Abb.2: HPLC-Trennung von ZON, α -ZOL und β -ZOL, in Gegenwart hoher Konzentrationen von AME und AOH. Fluoreszenzdetektion, Ex. 235nm, Em. 450nm.



Die Grenzen zwischen Verfahren rein zum Nachweis- und zur Bestimmung von Mykotoxinen, z.B. DC/HPTLC (Aflatoxine), HPLC/UV/Fluoreszenz (Ochratoxine, ZON, ZOL; Abb.2), GC/FID/ECD (Trichothecene), und Verfahren zur zweifelsfreien Identifizierung von Substanzen und damit Absicherung von Untersuchungsbefunden, sind mittlerweile fließend geworden.

Moderne Labors setzen heute selbst in der Routine Kopplungstechniken wie GC/MS (Abb.3), LC/DAD (Abb.4, 5), LC/MS ein.

Abb.3: Bestimmung von Trichothecenen in Hafer mittels Kapillar-GC/MS (CI).
Ergebnis: 7ppb DON und 10ppb T-2 Toxin

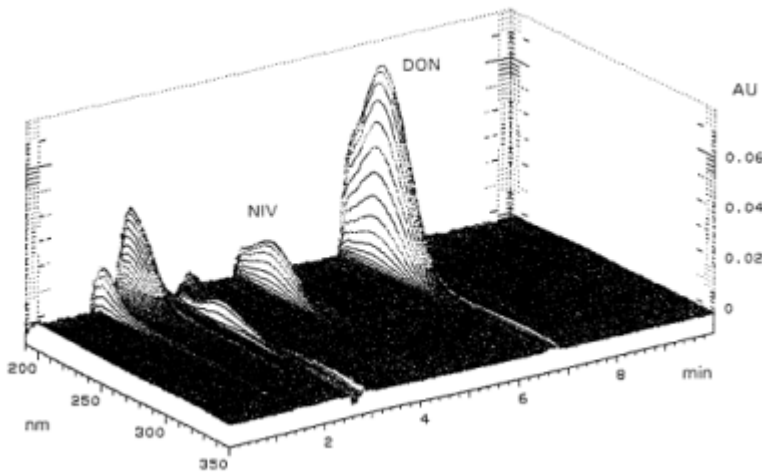


Abb.4: Diodenarray-Detektion (Topogramm) von NIV und DON.

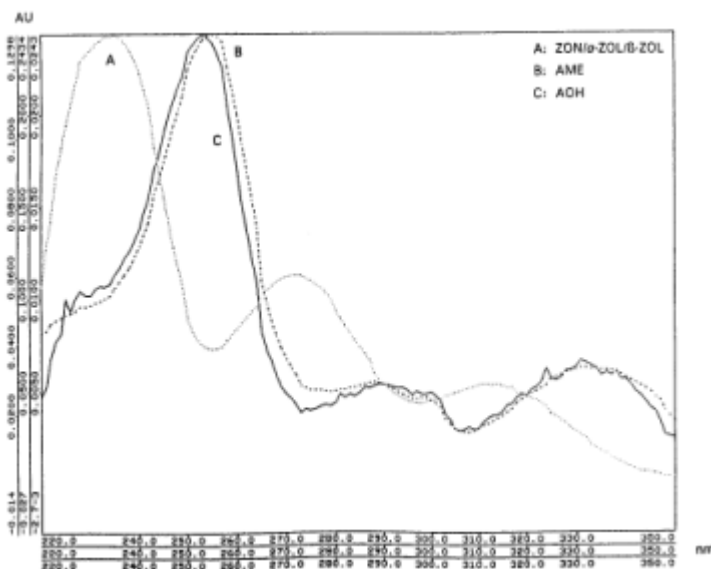
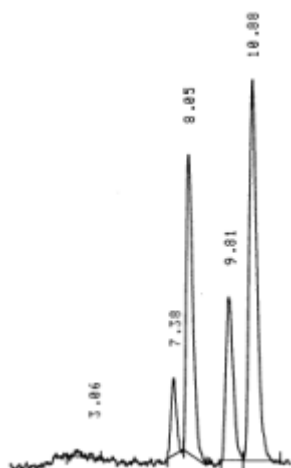


Abb.5: Diodenarray-Detektion (UV-Spektren) von ZON/ α -ZOL/ β -ZOL (A), AME (B) und AOH (C).

Dennoch bleiben der Zusatz von internen Standardsubstanzen zur Probe (z.B. Docosan bei der Untersuchung auf Trichothecene, evtl. deuterierte Substanzen), Aufstockversuche, Wiederfindungsprüfungen (Für und Wider durch die Diskrepanz eines Zusatzes von kristallinen Mykotoxinen im Vergleich zur natürlich verschimmelten Probe) und bisweilen die Untersuchung des gereinigten Extraktes mittels eines zweiten chromatographischen Verfahrens unabdingbar.



Jedoch werden Absicherungsverfahren wie beispielsweise in der DC die Verwendung von mehr oder weniger spezifischen Sprühreagenzien (Aflatoxine) und in der HPLC die Aufnahme von UV, Fluoreszenzanregungs- und –emissionswellenlängen-spektren im 'stop-flow', zusätzliche Nachsäulenderivatisierungen (Ausnahmen Aflatoxine

(Abb.6), DON) oder Veresterungen (Ochratoxine, Bildung von Methylestern, Abb.7) nur noch selten eingesetzt.

Untersuchungsverfahren unter Einsatz der hochauflösenden MS, von Tandem/Triple-MS, FAB-MS, SFC-MS, ^1H - und ^{13}C -NMR (Trichothecene), Polarographie (DON), Voltammetrie (cis- und trans-ZON), etc. bleiben im Wesentlichen der Wissenschaft und Forschung vorbehalten und scheinen für die schnelle, kostengünstige und korrekte Ermittlung einer Mykotoxinbelastung in landwirtschaftlichen Produkten und Lebensmitteln weniger geeignet.

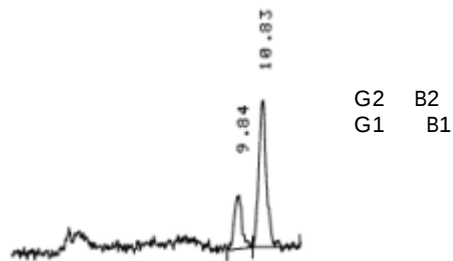


Abb.6:HPLC/Fluoreszenz-Bestimmung von Aflatoxinen, Nachsäulen-derivatisierung mittels PBPB. Obere Abb.: Standardlösung der Aflatoxine G2, G1, B2 und B1. Untere Abb.: Extraktlösung eines Tierfutters. Ergebnis: 0,8ppb AFB2, 0,9ppb AFB1, AFG2 und AFG1 nicht nachweisbar, <0,3ppb.

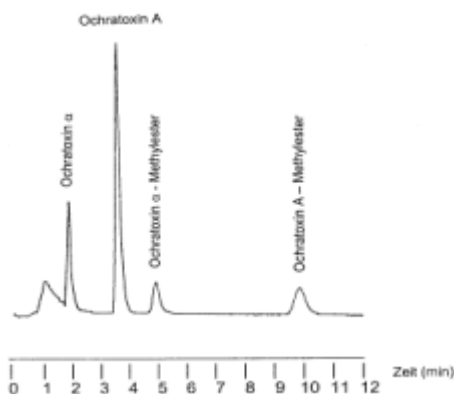


Abb.7:HPLC/Fluoreszenzbestimmung von OTA und Ochratoxin α . Probenextrakt nach partieller Veresterung von OTA und α -Ochratoxin zu ihren korrespondierenden Methylestern.

Zur empfindlichen und möglichst spezifischen Mykotoxinbestimmung wurden in den letzten Jahren unter Zugrundelegung entsprechender Antigen-/Antikörper-Reaktionen auch zunehmend ELISA-Testverfahren (Aflatoxine, DON, ZEA, OTA, etc.) entwickelt. Mit solchen direkten kompetitiven ELISA's lassen sich die Risiken eines Pilzbefalls und damit verbunden mögliche Mykotoxinbelastungen substanzorientiert relativ einfach und schnell abschätzen. Bei der Interpretation solcher Befunde darf jedoch die Beeinflussung der Ergebnisse durch die Möglichkeit von Kreuzreaktionen mit sterisch verwandten Substanzen (z.B. DON+3-ADON+15-ADON+weitere acetylierte Trichothecene, ZEA+ α -ZOL+Zeranol+ β -ZOL, OTA+OTC+OTB, etc.) nicht außer Acht gelassen werden. In der Regel kommen kommerziell verfügbare ELISA-Testkits auf Mikrotitertabletts zur Anwendung, in Standard-Ausführung oder als sog. 'Fast Assay'. Insbesondere bei den angebotenen 'Fast Assays' ist das Erreichen einer toxikologisch sinnvollen Nachweisgrenze kritisch zu prüfen. Obwohl immunologische Nachweisverfahren nicht die Spezifität

physikalisch-chemischer Methoden wie z.B. die Kopplung GC/MS besitzen, liegt ihr prinzipieller Vorteil in der meist einfachen Probenaufarbeitung (vereinfachte Reinigungsverfahren, z.T. nur Entfettung der Proben), der schnellen Testdurchführung, des geringen labor- und gerätetechnischen Aufwandes und damit der Einsparung von Zeit und Geld. Verschiedene Störmöglichkeiten dieses Prüfverfahrens wie Kreuzreaktionen und Auswirkungen von Futter-/Lebensmittel-inhaltsstoffen, verschiedener Lösungsmittel, von Handling, etc., haben letztendlich Einfluß auf dessen Aussagekraft (falsch positiv) und begrenzen es auf den Einsatz als Übersichts- bzw. Screening-Verfahren. Positive Befunde sind daher mit einem in der Regel chromatographischen Verfahren abzusichern.

Weitere Bioassays auf Basis von RIA (radioimmunoassay), Gewebe- und Zellkulturtests (Analyse der Wirkungen von Toxinen auf biologische Systeme, z.B. Bestimmung des östrogenen Potentials von ZON), bleiben aufgrund ihres vielfältigen Aufwandes im wesentlichen der Wissenschaft und Forschung vorbehalten.

Auf absehbare Zeit wird eine korrekte und damit auch rechtsgültige Ermittlung etwaiger Mykotoxingehalte nur durch aufwändige, validierte und im Vergleich kostenintensivere physikalisch-chemische Prüfverfahren möglich sein. Für eine große Zahl von Mykotoxinen wurden je nach Fragestellung und analytischem Meßsystem sehr empfindliche Methoden zum Nachweis und/oder zur Bestimmung von Einzeltoxinen oder Multimykotoxinmethoden erarbeitet und teilweise validiert. Da es sich bei einer potentiellen Kontamination mit Mykotoxinen überwiegend um multitoxikologische Ereignisse handelt, d.h. eine komplexe Zahl verschiedener Pilzarten verursacht ein größeres Spektrum verschiedener toxischer Stoffwechselprodukte, kann ein Ansatzpunkt zur Reduzierung dieses Untersuchungsaufwandes die Prüfung auf ein oder wenige Leittoxin/e darstellen. In Literaturübersichten über das weltweite Vorkommen von Mykotoxinen scheint DON das bedeutendste natürlich vorkommende Fusarientoxin zu sein. Wegen der im Vergleich zu DON einfacheren analytischen Bestimmbarkeit wurde bereits Ende der siebziger Jahre Zearalenon als quasi Indikatortoxin für eine mögliche Kontamination der Futtermittel mit Fusarientoxinen vorgeschlagen.

Grundsätzlich darf bei dieser Vorgehensweise der Untersuchung auf ein Leittoxin aber nicht außer Acht gelassen werden, daß dann andere in toxikologisch relevanten Gehalten vorkommende Mykotoxine nicht erfaßt werden, darüberhinaus mögliche additive (OTA und T-2, DON und T-2 im Bioassay mit männlichen Broilern), synergistische (Aflatoxin und T-2, T-2 und HT-2, DON und NIV) oder antagonistische Effekte (DON und T-2 im Hefe-Bioassay) nicht bewertet werden können und damit ein Bezug zwischen dem Mykotoxingehalt eines Futter- bzw. Lebensmittels und möglichen Krankheitssymptomen, insbesondere in der Prophylaxe, nur beschränkt ableitbar ist (Abb.8).

	Weizen	Gerste A	Gerste B	Hafer
NIV (µg/kg)	n.n., <1	n.n., < 1	n.n., < 1	615
DON (µg/kg)	10	n.n., < 1	n.b., < 5	7
3-ADON (µg/kg)	n.n., <1	n.n., < 1	n.n., < 1	n.n., < 1
15-ADON (µg/kg)	n.n., <1	n.n., < 1	n.n., < 1	n.n., < 1
FUS-X (µg/kg)	n.n., <1	n.n., < 1	n.n., < 1	n.n., < 1
DAS (µg/kg)	n.n., <1	n.n., < 1	n.n., < 1	n.n., < 1
HT-2 (µg/kg)	n.n., <1	n.n., < 1	n.n., < 1	n.n., < 1
T-2 (µg/kg)	23	n.n., < 1	143	384
Bakterien (KBE/g)	0,7 x 10 ⁶	13 x 10 ⁶	5,8 x 10 ⁶	19 x 10 ⁶
Pilze (KBE/g)	22000	14000	22000	523000
Qualitätsstufe	I	II	I	III - IV

Abb.8: Gehalte ausgewählter Trichothecene und Keimgehalte an Bakterien (feldbürtige Gelbkeime, Pseudomonaden) und Pilzen (feldbürtige Cladosporien, Verderb anzeigende Hefen) in Weizen, Gerste und Hafer aus dem Jahre 2001.

Abkürzungen:

- Mykotoxine:

(3-, 15-) ADON = (3-, 15-) Acetyldeoxynivalenol; AME = Alternariolmonomethylether; AOH = Alternariol; DON = Deoxynivalenol; HT-2 = HT-2 Toxin; MAS = Monoacetoxyscirpenol; NIV = Nivalenol; OTA / OTB / OTC = Ochratoxin A / Ochratoxin B / Ochratoxin C; T-2 = T-2 Toxin; ZON = Zearalenon; (α-/β-) ZOL = (α-/β-) Zearalenol

- Bestimmungsverfahren:

DC/HPTLC = Dünnschichtchromatographie/High Performance Thin Layer Chromatography

ELISA = Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay

FAB-MS = Fast-Atom-Bombardement-Massenspektrometer

GC/FID/ECD = Kapillargaschromatographie/Flammenionisations-/Elektroneneinfangdetektion

LC/HPLC = Flüssigkeitschromatographie/High Performance Liquid Chromatography

DAD = Diodenarray-Detektor

MS = Massenspektrometrie

CI = Chemische Ionisation

(¹H-, ¹³C-) NMR = (¹H-, ¹³C-) Kernresonanzspektroskopie (Nuclear Magnetic Resonance)

SFC = Supercritical Fluid Chromatography

- Derivatisierungsreagenzien (GC, HPLC):

BSTFA = N,O-bis(Trimethylsilyl)trifluoroacetamid

TFAA = Trifluoressigsäureanhydrid

PBPB = Pyridinhydrobromidperbromid

Literatur:

Die Literaturliste ist beim Verfasser erhältlich.

Grenzen und Möglichkeiten der NIR-Spektroskopie zur Mykotoxinbestimmung

Nast, Dieter (Freising); Lepschy, Johann

Die zu erwartende europäische Höchstmengenverordnung für Mykotoxine in Lebens- und Futtermitteln kann nur durch eine möglichst umfassende und damit schnelle Untersuchung der Rohstoffe eingehalten werden.

Eine der vielfältigsten und leistungsfähigsten Schnellmethoden stellt die Nahinfrarotspektroskopie (NIR) dar.

Organische Verbindungen produzierende und verarbeitende Industriezweige, wie zum Beispiel die Pharmazeutik und Erdölraffinerien, setzen seit einigen Jahren erfolgreich die NIR-Technik zur Prozesskontrolle und –steuerung ebenso wie zur Qualitätssicherung ein.

Unsere Studie zeigt anhand des bedeutensten Mykotoxins Deoxynivalenol (DON) die Möglichkeit dieses mit Hilfe der NIR (Nahinfrarotspektroskopie) zu messen.

Die referenzanalytisch, mittels HPLC (Hochdruckflüssigkeitschromatographie), ermittelten DON-Gehalte dienten zur Kalibrierung von NIR-Ganzkornanalysatoren. Dabei erwiesen sich Geräte mit einer spektralen Erweiterung bis in den sichtbaren Bereich von Vorteil.

Nach unseren bisherigen Messungen scheint die Bestimmungsgrenze bei 1 mg DON /kg zu liegen.

Die Ernte 2000 zeigte uns aber auch sehr deutlich die Grenzen dieser Methode auf. Ein großer Teil dieser Ernteproben war mit ‚Schwärzepilzen‘ infiziert und diese schwarze Oberfläche absorbierte so stark, dass keine gesicherten Messungen dieser Proben, mit den uns zur Verfügung stehenden Geräten, durchgeführt werden konnten. Die Proben der Ernte 2001 wiesen dagegen sehr niedrige DON-Gehalte auf, nur sehr wenige Proben zeigten DON-Gehalte über 1mg/kg.

In einem europäischen Projekt wird nun weiter untersucht ob diese Methode europaweit eingesetzt werden kann. Weltweit werden dazu Weizenproben gesammelt und die Spektren aufgezeichnet um daraus eine gemeinsame Kalibrierung zu erstellen. Unsere bisherigen Ergebnisse deuten auf eine Anwendung als Screeningmethode hin, die aber eine Hilfe für Mühlen und Landhändler sein könnte.

Möglichkeiten der Tierernährung zur Minimierung der Einflüsse von Fusariumtoxinen auf landwirtschaftliche Nutztiere

Dänicke, Sven (Braunschweig)

Sogenannte "Fusariumjahre" sind u.a. dadurch gekennzeichnet, dass nicht nur massive Ertragseinbußen bei der Getreideerzeugung infolge einer erhöhten Schädigung durch verschiedene Arten der Gattung *Fusarium* auftreten, sondern dass auch mit einem erhöhten Vorkommen an Fusariumtoxinen gerechnet werden muss. Unter den Umwelt- und Produktionsbedingungen in Deutschland treten vor allem Deoxynivalenol (DON) und Zearalenon (ZON) in Konzentrationen auf, die tierartabhängig toxikologisch bedeutsam sind.

Selbst bei Anwendung aller verfügbaren pflanzenbaulichen Strategien zur Minimierung des Fusariumbefalls von Getreide wird sich eine Fusariumtoxinkontamination nie vollständig verhindern lassen, da die Witterung als ein wesentlicher Risikofaktor anzusehen ist. Daher sind aus der Sicht der Tierernährung Strategien zu entwickeln, um negative Toxineinflüsse auf Tiergesundheit und Leistung als auch einen möglichen "Carry over" von Mykotoxinen in Lebensmittel tierischen Ursprungs zu verhindern.

Prinzipiell sind verschiedene Möglichkeiten denkbar:

Entsorgung von kontaminiertem Getreide, wenn kritische Toxinkonzentrationen überschritten werden - Eine solche Vorgehensweise erscheint betriebswirtschaftlich als auch volkswirtschaftlich nicht gerechtfertigt, da nach Fusariumepidemien unter Umständen beträchtliche Getreidemengen vernichtet werden müssten.

Verfütterung kontaminierter Chargen entsprechend der tierartspezifischen Empfindlichkeit gegenüber Fusariumtoxinen - Da Schweine sowohl auf DON als auch ZON im Futter wesentlich empfindlicher reagieren als Hühner und Rinder, sollten kontaminierte Partien in der Rinder- und Hühnerfütterung unter Einhaltung kritischer Toxinkonzentrationen in der Gesamtration eingesetzt werden. Auch bei einer solchen Vorgehensweise ist nicht mit einem bedeutsamen Übergang dieser Mykotoxine in Lebensmittel tierischen Ursprungs zu rechnen.

Verschneiden von kontaminierten mit nicht-kontaminierten Futtermitteln - Das Ziel besteht hierbei darin, die Gesamtkonzentration des Mischfutters an DON und ZON soweit zu verdünnen, dass kritische Toxinkonzentrationen, deren Überschreitung zu einer Beeinträchtigung der Tiergesundheit führen würde, in der täglichen Gesamtration unterschritten werden.

Detoxifizierung kontaminierter Chargen - Prinzipiell ist zwischen einer Futtermittelbehandlung und der Verwendung von Futterzusatzstoffen zu unterscheiden. Mit einer Futtermittelbehandlung wird das Ziel verfolgt, die Toxinkonzentration auf physikalischem, chemischem oder biologischem Wege bereits vor der Verfütterung zu reduzieren, während die Verwendung von Detoxifikationsmitteln als Futterzusatzstoffe (Adsorbenzien, Hefebestandteile, Bakterien) von einer Verhinderung der Toxinwirkung durch Wechselwirkung zwischen Detoxifikationsmittel und Toxin unter den Bedingungen des Verdauungstraktes (pH, Temperatur, Feuchte) ausgeht. Häufig sind Futtermittelbehandlungsverfahren effektiver als Detoxifikationsmittel; aber oft teurer oder nur im Labormaßstab getestet. So praktikabel auch die Verwendung von Detoxifikationsmitteln erscheinen mag; bisher liegen noch keine überzeugenden Befunde in der Literatur vor, die eine in vivo Wirksamkeit solcher Mittel bei Fusariumtoxinkontamination von Futtermitteln belegen.

Welche Strategie oder welche Kombination von Strategien angewandt werden kann, hängt von den konkreten betrieblichen Umständen (Eigenmischer, Mischfutterhersteller) ab.

Generelles Ziel sollte jedoch sein, das Risiko der Fusariumtoxinkontamination bereits auf dem Feld zu minimieren.

Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen gegen Fusariumbefall bei Winterweizen im Rahmen konservierender Bodenbearbeitung

Schmidt, Walter (Leipzig)¹; Nitzsche, Olaf; Gebhart, Christine

1. Einleitung

Ährenfusariosen beeinflussen durch ihre Mykotoxinbildung die Futter- und Lebensmittelqualität von Getreide (Pawelzik et al. 1998; Dänicke et al. 2000). Aus Gründen der Produktsicherheit sollen daher in Deutschland Grenz- bzw. Orientierungswerte für die Mykotoxinbelastung von Nahrungs- und Futtermitteln festgelegt werden. So wird z. B. für das Mykotoxin Deoxynivalenon (DON) in Winterweizen ein Grenzwert von 500 µg DON je kg gereinigtes Speisegetreide diskutiert. Diese Situation verdeutlicht, dass bezüglich Fusariuminfektionen und daraus resultierenden Mykotoxinbelastungen wirksame Gegenmaßnahmen ergriffen werden müssen.

Die Fusariuminfektion findet bei allen Getreidearten, und damit auch bei Weizen, bereits auf der Ackerfläche statt. Von entscheidender Bedeutung sind hierbei, neben einem spezifischen befallsfördernden Witterungsverlauf, die Menge an Pflanzenresten an der Bodenoberfläche, die den Fusariuminfektionsdruck bestimmen sowie die Fusariumanfälligkeit der angebauten Weizensorte. Während letzterem durch den Anbau einer wenig anfälligen Sorte zu begegnen ist, wird der Faktor Pflanzenreste an der Bodenoberfläche insbesondere im Rahmen konservierender Bodenbearbeitung immer wieder heftig diskutiert. Im Folgenden soll unter Berücksichtigung aller Werkzeuge, die der integrierte Pflanzenbau bietet, eine mögliche Strategie zur nachhaltigen Minderung des Befallsrisikos besonders in pfluglosen Anbausystemen dargestellt werden.

2. Infektionsbedingungen

Die Fusariuminfektion bei Weizen hängt in sehr starkem Umfang von der Witterung ab. Befallsfördernd wirken eine niederschlagsreiche Witterung mit Temperaturen > 15 - 20° C im Zeitraum Mitte Ährenschieben bis zum Ende der Weizenblüte. Faktoren, die ein verzögertes Abblühen bewirken, können das Befallsrisiko noch erhöhen. Der Fusariumbefall wird durch weitere Faktoren wie die Fruchtfolge/Vorfrucht, die Sortenwahl und die Mulchbedeckung des Bodens im Infektionszeitraum verstärkt oder reduziert. Diese Faktoren sind aber, im Gegensatz zur Witterung, vom Landwirt im Sinne einer Vorsorge vor Fusariuminfektionen zu beeinflussen.

3. Acker- und pflanzenbauliche Minderungsstrategien

3.1 Sortenwahl

Der Anbau einer wenig fusariumanfälligen Winterweizensorte stellt die zentrale Maßnahme gegen Fusarium dar (Aufhammer et al. 1999, Jenny et al. 2000, Zimmermann 2000). Dies bestätigen eigene Untersuchungen: Danach kann allein durch eine wenig anfällige Sorte der Befall mit Fusarium, und damit der DON-Gehalt, deutlich reduziert werden (Tab. 1).

Die Toxinanalysen in Tabelle 1 zeigen, dass insbesondere nach der Vorfrucht Mais im Sinne der Risikominderung auf den Anbau einer anfälligen Weizensorte verzichtet

¹ eMail: Walter-Alexander.Schmidt@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

werden sollte. Denn bei anfälligen Sorten ist, unabhängig von weiteren Maßnahmen (z. B. Art der Bodenbearbeitung, Fungizideinsatz), bei befallsfördernden Witterungsbedingungen die Gefahr eines höheren Toxingehalts besonders groß. Dagegen kann mit gering anfälligen Weizensorten auch bei sonst ungünstigen Bedingungen ein Absenken der Toxingehalte erreicht werden, die unter den oder in der Nähe der diskutierten Mykotoxin-Grenzwerte liegen (Tab. 1). Das bedeutet, nur gering anfällige Sorten bieten die Basis, dass durch weitere acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen eine nachhaltige Strategie gegen Fusarium umgesetzt werden kann.

Tabelle 1: Mykotoxingehalt zweier Winterweizensorten (Bandit: stark anfällig, Petrus: gering anfällig) bei konventioneller und konservierender Bodenbearbeitung (= 2 x Grubber) bzw. nach Direktsaat nach Vorfrucht Körnermais (Erntejahr 2000, Sächsisches Lößhügelland, DON-ELISA)

Bodenbearbeitung	Sorte	Mykotoxingehalt DON [$\mu\text{g/kg}$ Korn]
Pflug	Petrus	210
	Bandit	940
Konservierend	Petrus	220
	Bandit	1.050
Direktsaat	Petrus	960
	Bandit	1.600

Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, dass die Widerstandsfähigkeit wenig anfälliger Weizensorten nicht "überfordert" werden darf. Dies ist z. B. bei der Direktsaat von Weizen nach der Vorfrucht Körnermais der Fall. Verantwortlich für die dabei auftretenden höheren DON-Gehalte (s. Tab. 1) ist der bei einer Direktsaat von einer sehr dichten Körnermaisstrohaufgabe ausgehende hohe Infektionsdruck. Das Beispiel belegt, dass, ergänzend zur Sortenwahl, die Maisrückstände so bearbeitet werden müssen, dass sie im Infektionszeitraum (Mitte Ährenschieben bis Ende Blüte des Weizens) nicht mehr an der Bodenoberfläche vorliegen. Wie nachfolgend dargestellt, kann dies zum einen durch eine entsprechende Fruchtfolgegestaltung des Weizens nach Mais geschehen. Zum anderen tragen rottefördernde Maßnahmen (insbesondere nach Mais) entscheidend zur Infektionsminderung bei.

3.2 Fruchtfolge

Die Fruchtfolgegestaltung zeigt, neben der Sortenwahl, die deutlichsten Auswirkungen auf das Fusarium-Befallsgeschehen. In Übersicht 1 ist der Einfluss der verschiedenen Vorfrüchte dargestellt. Bei Betrachtung der Vorfruchtwirkungen auf den Fusariumbefall ist leicht nachvollziehbar, dass der Verzicht auf den Anbau von Winterweizen nach Körner- oder Silomais die wirksamste Maßnahme ist, um das Befallsrisiko zu senken. Leider sind unter den derzeit gegebenen ökonomischen Rahmenbedingungen die Alternativen in der Fruchtfolgegestaltung oft sehr begrenzt. Trotzdem sollten alle betrieblichen Möglichkeiten genutzt werden, um über die Gestaltung der Fruchtfolge zu einer Minderung des Befallsrisikos beizutragen. Darüber hinaus müssen aber auch für sogenannte "Risikofruchtfolgen" praktikable Maßnahmenpakete zur Kontrolle des Fusariumproblems verfügbar gemacht werden.

Übersicht 1: Einfluss verschiedener Vorfrüchte auf das Befallsrisiko von Winterweizen

stark befallsfördernd		wenig befallsfördernd		
Körnermais Silomais	Feldgras	Winterweizen Erbse	Zuckerrüben Kartoffeln	Winterraps Wintergerste

3.3 Rottefördernde Maßnahmen

Oftmals wird der Eindruck erweckt, dass der Einsatz des Pfluges vor Winterweizen den Befall mit *Fusarium* und die daraus resultierende Toxinbelastung sicher verhindert. Untersuchungen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft verdeutlichen aber, dass auch bei Einsatz des Pfluges oftmals höhere Toxingehalte vorhanden waren (Tab. 2). Das Problem muss also differenzierter betrachtet werden.

Insbesondere nach der Ernte von Körnermais bleiben erhebliche Mengen an sehr schlecht verrottenden Pflanzenrückständen (lange Stängelteile (Tab. 3), Spindeln, Strünke usw.) auf der Ackerfläche zurück. Die Erfahrung zeigt, dass die saubere Einarbeitung dieser infektionsauslösenden Rückstände auch mit dem Pflug nicht immer gewährleistet ist (Tab. 3), d. h. auch auf gepflügten Flächen finden sich in der Regel Stängelteile an der Bodenoberfläche. Doch schon sehr wenige Stängel an der Bodenoberfläche können bei befallsfördernder Witterung zu einem starken Befall beitragen. Dies gilt genau so für die Rückstände nach der Silomaisernte. Die Menge der Pflanzenrückstände ist dort zwar geringer als beim Körnermais, aber insbesondere durch den Trend, die Silomaispflanzen höher zu schneiden, ergeben sich zusätzliche Probleme bei der sauberen Einarbeitung.

Tabelle 2: Toxingehalte verschiedener Winterweizenpartien nach unterschiedlichen Vorfrüchten und Pflugeinsatz

Sorte	Fusarium-Anfälligkeit	Vorfrucht	Bodenbearbeitung	Mykotoxingehalt DON [$\mu\text{g/kg Korn}$]
Tarso	4*	Silomais	Pflug	1130
Kontrast	6*	Körnermais	Pflug	1100
Aron	5*	Zuckerrüben	Pflug	1070
Complet	--**	Zuckerrüben	Pflug	1450

* Einstufung nach Sortenliste Bundessortenamt 2001 ** keine Angaben

Darüber hinaus zeigt sich, dass in größere Bodentiefen eingepflügte Maisstoppeln nur schwer abgebaut werden, da sie aus der umsetzungsaktivsten Bodenschicht entfernt wurden. Dies kann dazu führen, dass bei erneutem Pflügen altes Maisstroh wieder nach oben geholt wird. Dieses kann auch nach anderen Vorfrüchten als Mais *Fusarium*infektionen bei Weizen auslösen (Tab. 2).

Tabelle 3: Maisreste auf unterschiedlich bearbeiteter Fläche

Bodenbearbeitung	Bedeckungsgrad [%] 27.10.1999	Bedeckungsgrad [%] 27.03.2000	maximale Länge der Maisstoppel [cm]
Pflug	5	5	30
Konservierend	40	20	31
Direktsaat	95	80	41

Die vorangestellten Überlegungen führen zu einer sehr viel nachhaltigeren Strategie gegen den Befall mit *Fusarium*: Durch die Förderung der Strohrotte nach der Körner- oder Silomaisernte sollten die Bedingungen für einen schnellen Abbau der Maisrückstände geschaffen werden. Da Maisrückstände im Vergleich zu Getreidestroh ein sehr viel engeres C/N-Verhältnis haben (C/N-Verhältnis Körnermaisstroh 30-50, C/N-Verhältnis Weizenstroh 90-140), sind sie prinzipiell auch relativ leicht abbaubar. Unzerkleinerte Maisstoppel bzw. –stängel bieten allerdings eine zu geringe Oberfläche für intensive Abbauprozesse. Dies bedeutet, dass im Sinne einer wirksamen infektionsmindernden Rotteförderung vor der Grundbodenbearbeitung eine intensive Zerkleinerung der Maisstängel und –strünke

erfolgen muss. Diese sollte so gestaltet sein, dass die Maisrückstände möglichst klein geschlagen werden, um eine große Oberfläche und eine sehr gute Abbaubarkeit zu erreichen. Hierzu kann beispielsweise ein Mulcher eingesetzt werden. Gegebenfalls kann bei sehr geringen $N_{\min}$ -Gehalten in der Krume zusätzlich mit einer AHL-Gabe eine rottebeschleunigende Wirkung erzielt werden. Bei einem Mulchergang handelt es sich um eine zusätzliche Maßnahme, deren Kosten ihrem Nutzen (= Minderung/Verhinderung der Fusariuminfektion als Grundlage für die Produktion von Qualitätsgetreide) gegenüberzustellen sind.

Die mechanisch zerkleinerten Maisrückstände können durch eine anschließende Bodenbearbeitung zum Schutz des Weizens vor Fusarium mischend eingearbeitet werden. Dies ist, wie dargestellt, z. B. durch alleiniges Unterpflügen von nicht zerkleinerten Maisrückständen nicht sicher gewährleistet (Tab.3). Bei der anschließenden Grundbodenbearbeitung stellt sich daher die Frage, ob wendend oder konservierend gearbeitet werden soll. Konsequenterweise sollte im Sinne eines raschen Abbaus die mechanisch zerkleinerte Maisstoppel halbkrummentief im Rahmen der Grundbodenbearbeitung mit einem Grubberstrich in den umsetzungsaktivsten Bodenbereich (das sind i. d. R. die oberen 15 cm des Bodens) eingemischt werden. So wird gewährleistet, dass einerseits im Herbst nach der Maisernte noch eine ausreichende Bodenbedeckung vorhanden ist, die einen guten Erosionsschutz sicher stellt, aber andererseits bis zur Blüte des Weizens das Maisstroh weitestgehend verrottet ist und nicht mehr als Infektionsmaterial zur Verfügung steht. Die Folge ist, dass die Maisrückstände dauerhaft aus der Fruchtfolge verschwinden.

Gerade dauerhaft konservierende Bodenbearbeitungssysteme eignen sich für diese Strategie, da sie das Bodenleben stark fördern (Nitzsche et al. 2001). Insbesondere die im Vergleich zum Pflugsystem stark erhöhte mikrobielle Biomasse und der hohe Regenwurmbesatz können hohe Abbauraten bewirken. Wichtig ist aber die "mundgerechte" Bereitstellung des Mulchmaterials, um den Abbau zu gewährleisten. Das bedeutet, dass eine flach mischende Bearbeitung in 0-10 oder 0-15 cm Bodentiefe (in Abhängigkeit von der Menge der Pflanzenrückstände) notwendig ist. Werden diese Maßnahmen durchgeführt, so ist bei dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung ein sehr rascher Abbau des organischen Materials zu erwarten. Der Erfolg besteht darin, dass das Mulchmaterial vollständig im Boden abgebaut wird und die Gefahr eines erneuten Hochpflügens nicht mehr besteht, und so auch das Fusariumrisiko nachhaltig beherrscht werden kann. Der Effekt dieser rottefördernden Maßnahmen bei konservierender Bodenbearbeitung ist aus Tabelle 1 ersichtlich: Zweimaliges Grubbern nach Körnermais führte bei der danach angebauten, wenig anfälligen Weizensorte zu mit der Pflugvariante vergleichbaren niedrigen DON-Werten im Korn.

3.4 Fungizideinsatz

Die Minderung des Fusarium-Befalls und des Toxingehaltes im Weizenkorn durch Fungizide ist die letzte mögliche Maßnahme auf dem Feld. Nur wenige azolhaltige Fungizide haben eine Zulassung zur Bekämpfung der Ährenfusariosen. Bei einer Vielzahl von Fungizidversuchen von verschiedensten Einrichtungen konnte nachgewiesen werden, dass die Wirkung gegen Fusarium i.d.R. sehr unsicher ist und selten deutlich über 50 % Befallsminderung liegt. Teilweise konnte sogar eine Zunahme der DON-Gehalte nach Fungizidbehandlung im Vergleich zu unbehandelten Kontrollen festgestellt werden (Aufhammer et al. 1999). Die größte Schwierigkeit stellt die Erfassung des optimalen Behandlungszeitpunktes dar, der

sich nach der Weizenblüte und der Sporenausschüttung des Pilzes richten muss. Meist stehen für eine Maßnahme mit hohem Behandlungserfolg nur wenige Tage (3-6) zur Verfügung. Dies macht die hohen Anforderungen an die Bestandesbeobachtung und an die Auswertung der Wetterdaten sowie an die Schlagkraft im Bereich Pflanzenschutz deutlich und zeigt, dass eine gezielte Fungizidmaßnahme gegen Ährenfusariosen nur eine Not- bzw. Feuerwehrmaßnahme darstellen kann. Die eigentliche Bekämpfungsstrategie ist im acker- und pflanzenbaulichen Bereich anzusiedeln.

4. Schlussfolgerungen

Mykotoxinbelastungen durch Fusariumbefall bei Weizen nach Mais können sehr wirksam durch den Anbau wenig anfälliger Weizensorten vermindert bzw. verhindert werden. Auch der Verzicht auf den Nachbau von Weizen nach Mais reduziert das Befallsrisiko. Diese Maßnahme müssen jedoch auf jeden Fall mit rottefördernden, flach mischenden Bearbeitungsmaßnahmen zur nachhaltigen Beseitigung der für die Fusariuminfektion vorrangig verantwortlichen Maisrückstände kombiniert werden. Hierzu ist ein rotteförderndes Mulchen von abgeernteten Maisflächen empfehlenswert. Die halbkrummentiefe Einarbeitung derart zerkleinerter Maisrückstände (z. B. mit einem Grubberstrich im Rahmen der Grundbodenbearbeitung) in die obere, umsetzungsaktive Bodenschicht im Rahmen konservierender Bodenbearbeitung sorgt zusätzlich, im Gegensatz zum tiefen Einpflügen in wenig tätige Bodenschichten, für den nachhaltigen Abbau der Maisreste und damit für ihre endgültige Entfernung aus der Fruchtfolge. Damit wird zudem der Gefahr eines erneuten Hochpflügens alter, gleichfalls infektionsauslösender Maisreste im weiteren Fruchtfolgeverlauf wirksam entgegengewirkt. Ergänzend dazu mindern ein geringerer Maisanteil in der Fruchtfolge die Infektionsgefahr. Auf die Direktsaat von Weizen nach Mais sollte auch bei Anbau wenig anfälliger Sorten verzichtet werden. Der daraus bei entsprechender Witterung resultierende hohe Infektionsdruck kann höhere Mykotoxinbelastungen verursachen. Mit dieser aus Werkzeugen des integrierten Pflanzenbaus bestehenden Strategie ist eine nachhaltige Minderung des Fusariumbefallsrisikos zur Erzeugung von gesunden Weizenpartien möglich.

Literatur

- Aufhammer, W., Hermann, W., Kübler, E. (1999): Ährenbefall mit *Fusarium graminearum* und Mykotoxingehalt des Kornguts von Winterweizen, -triticale und -roggen in Abhängigkeit von Sorte und Anbauintensität. Pflanzenbauwissenschaften 3 (1), 32-39
- Dänicke, S., Oldenburg, E., Sator, C., Ueberschär, K.-H., Valenta, H. (2000): Risikofaktoren für die Fusariumtoxinbildung in Futtermitteln und Vermeidungsstrategien bei der Futtermittelerzeugung und Fütterung. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 216, ISBN 3-933140-38-2
- Nitzsche, O., Krück, S., Schmidt, W., Richter, W. (2001): Reducing soil-erosion and phosphate losses and improving soil biological activity through conservation tillage systems. In: I World Congress on Conservation Agriculture. Madrid, 1-5 October, 2001: Garcia-Torres, L., Benites, J., Martinez-Vilela, A. (Hrsg), Volume II, 185-189

- Pawelzik, E., Permady, H.H., Weinert, J., Wolf, G.A. (1998): Untersuchungen zum Einfluss einer Fusarien-Kontamination auf ausgewählte Qualitätsmerkmale von Weizen. Getreide Mehl und Brot 52 (5), 264-266
- Jenny, E., Hecker, A., Kessler, P., Külling, C., Forrer, H.-R. (2000): Getreidefusariosen: Sortenresistenz und Toxingehalte. Agrarforschung 7 (6), 270-273
- Zimmermann, G. (2000): Nutzung der genetischen Resistenz zur Eindämmung von Fusarium-Ährenkrankheiten bei Weizen. In: Risiken durch den Ährenparasiten *Fusarium graminearum* – Ergebnisse eines LBP-Forschungsverbundes. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Heft 3/2000, 49-57

Vorkommen und Bedeutung von Mykotoxinen in Futtermitteln im Freistaat Sachsen

Hörügel, Klaus (Köllitsch)¹; Hanschmann, Gudrun; Gebhart, Christine

Schimmelpilzbefall und Mykotoxinbehaftung der Futtermittel sind ein potentielles Gefährdungsrisiko der Gesundheit und Leistung der landwirtschaftlichen Nutztiere. Der Kenntnisstand hat sich nicht zuletzt durch die Verbesserung der diagnostischen Möglichkeiten insbesondere für die Mykotoxine in den letzten Jahren erheblich erweitert. Im Gesamtkonzept der Produktionssicherung und -stabilisierung nimmt dieser Problemkreis einen zunehmend höheren Stellenwert ein.

Deshalb wurden mehrjährige mykologische und, soweit möglich, mykotoxikologische Untersuchungen sowohl von Futterpflanzen, insbesondere Mais, Getreide, Stroh und Leguminosen aus verschiedenen Anbaugebieten in Sachsen als auch von Futtermittelkonservaten wie Silagen und Fertigfuttermitteln in Milch- und Schweineproduktionsbetrieben durchgeführt, um einen Überblick über die Bedeutung von Futtermittelverpilzung und Mykotoxinbehaftung der Futtermittel im Freistaat Sachsen zu gewinnen und Schlussfolgerungen für die Schadensvermeidung abzuleiten.

In Zusammenfassung der Befunde ist auszusagen, dass Schimmelpilzbefall und Mykotoxinbehaftung der Futtermittel auch in Sachsen eine nicht zu unterschätzende Bedeutung haben. Insbesondere der Befall auf dem Feld von Mais, Getreide einschließlich des Strohes, Luzerne, Erbsen und Gras mit **Feldpilzen** der Gattung **Fusarium** und deren Mykotoxinbildung ist ein potentielles Gefährdungsrisiko.

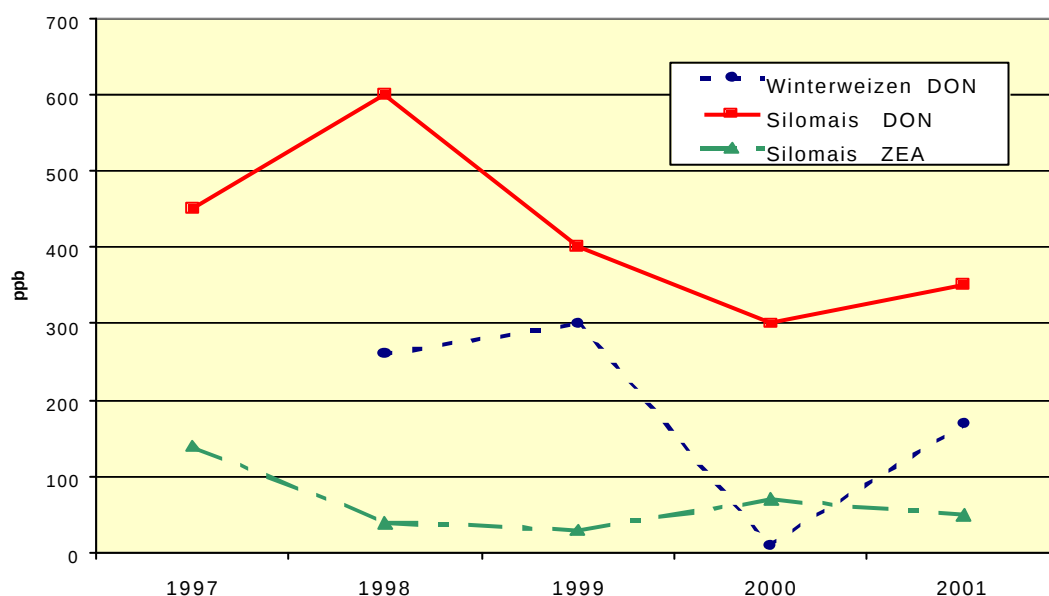


Abbildung 1: Mykotoxingehalte in sächsischen Futtermitteln, Medianwerte

In Abhängigkeit von Witterungsverlauf und Standort war der Befall des Erntegutes in den verschiedenen Untersuchungsjahren unterschiedlich intensiv. Im Jahre 1996 wurde in allen Untersuchungsgebieten ein massiver Befall des Mais und des Getreides mit potentiell toxinogenen Fusarien und eine teilweise extrem hohe Mykotoxinbildung ermittelt (s. Tabelle 2). In den nachfolgenden Jahren war die

¹ eMail: klaus.hoeruegel@fb08.lfl.smul.sachsen.de

Fusarientoxinbelastung von sächsischem Weizen und Mais sowie von in Sachsen eingesetzten Futtermitteln im Mittel relativ niedrig. Besonders günstig war das Erntejahr 2000 (Abbildung 1).

Für die tierische Erzeugung haben die Mykotoxine der Fusarien eine herausragende Bedeutung. Sie werden noch auf dem Feld gebildet. Während die Fusarien bei ordnungsgemäßer Lagerung und Konservierung des Erntegutes absterben, bleiben aber die Fusarientoxine erhalten. Organoleptisch und mikrobiologisch einwandfreie Futtermittelkonservate können deshalb trotzdem mit Fusarientoxinen behaftet sein, wie im Beispiel von Tabelle 1 die CCM-Silage.

Das Zearalenon (ZEA) hat eine dem weiblichen Fortpflanzungshormon Östrogen ähnliche Struktur, kann die Östrogenrezeptoren besetzen und dadurch Störungen im Sexualzyklus und der Trächtigkeit auslösen, die zu erheblichen Fruchtbarkeitsstörungen führen können. Die Mykotoxine der Trichothecengruppe, z. B. Deoxynivalenol (DON), Diacetoxyscirpenol (DAS), Nivalenol (NIV) u. a., besitzen eine extrem hohe Zytotoxizität und können dadurch Schäden an der Schleimhaut des Magen-Darm-Kanals, Fruchtbarkeitsstörungen und Immunsuppression mit nachfolgend gehäuftem Auftreten infektiöser Faktorenkrankheiten auslösen. Bei auftretenden Schadensfällen handelt es sich häufig um ein multitoxisches Geschehen mit unspezifischen Gesundheits- und Leistungsdepressionen. Besonders anfällig sind Tiere mit einhöhligen Magen, also Schweine und Geflügel, während bei Wiederkäuern wahrscheinlich eine Inaktivierung der Mykotoxine im Pansen möglich ist.

Im Ergebnis der Analysen in mehreren Schweinezucht- und Mastbetrieben kann ausgesagt werden, dass der Hauptschaden bei Schweinen durch fusarientoxinbedingte Fruchtbarkeitsstörungen verursacht wird. Es kommt zu einem Absinken der Abferkelraten, zur Verminderung der Wurfgrößen sowie der Ferkelqualität, so dass sich insgesamt die Produktivität des betroffenen Sauenbestandes unter die Grenze der Wirtschaftlichkeit vermindern kann. Für die Diagnosestellung haben sich die Untersuchung der Geschlechtsorgane fruchtbarkeitsgestörter, geschlachteter Sauen und der Mykotoxinnachweis in der Gallenflüssigkeit bewährt.

In einem Fütterungsversuch konnten die Auswirkungen der Verabreichung fusarientoxinbehafteten Luzerne-Trockengutes während der gesamten Trächtigkeit an Altsauen auf die Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen ermittelt werden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Einfluss von Fusarientoxinen auf die Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen

Futtermittel	Kontrollgruppe unverdächtige Maispellets	Versuchsgruppe mykotoxinhaltige Luzernepellets
besamte Sauen	147	202
Würfe/ 100 besamte Sauen	81,6	74,8
gesamtgeb. Ferkel/ Wurf	12,3	12,3
aufzuchtfähige Ferkel/ Wurf	10,0	9,7
Wurfmasse kg	16,8	15,6
Ferkelgeburtsmasse kg	1,36	1,26
Ferkelrate	816	726

Neben der Verringerung der Abferkelraten imponierte besonders die Verschlechterung der Wurfqualität, die sich in signifikant niedrigeren Wurf- und damit Ferkelgeburtsmassen einschließlich einer geringeren Vitalität der neugeborenen Ferkel demonstrierte.

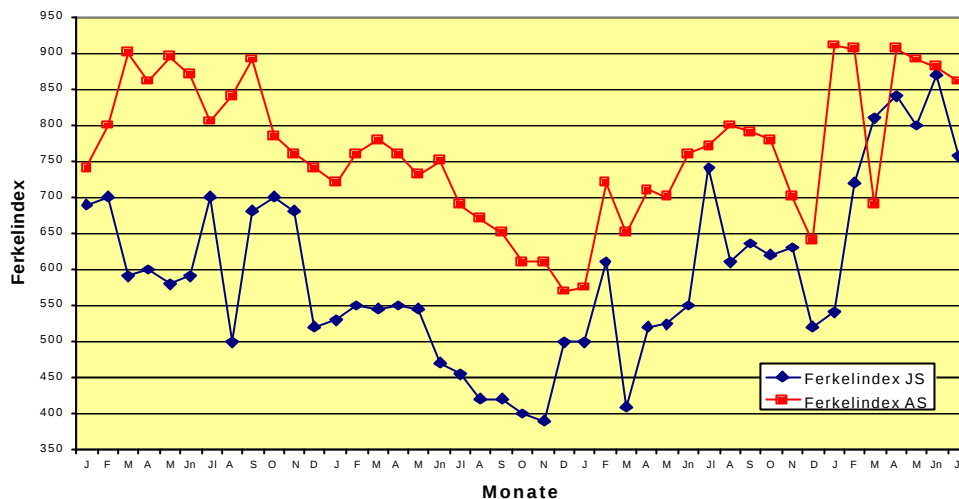


Abbildung 2: Absinken der Ferkelraten durch Einwirkung von Fusarientoxinen

Bei Einsatz wirtschaftseigener mykotoxinbehafteter Futtermittel erfolgt die Mykotoxinbelastung häufig über den Zeitraum eines ganzen Jahres bis zur neuen Ernte. Das kann zu erheblichen Fruchtbarkeitsstörungen führen, dargestellt an Hand der Ferkelraten (lebend geborene Ferkel/ 100 Erstbesamungen) in Abbildung 2. Die Fruchtbarkeitsleistungen fielen mit dem Einsatz der Futtermittel aus der Ernte des 11. Produktionsjahres bei Jung- und Altsauen kontinuierlich ab und erholten sich erst mit dem Einsatz des neuen Erntegutes im nachfolgenden Jahr, unterstützt durch den forcierten Austausch fruchtbarkeitsgestörter Sauen.

Ein demonstratives Fallbeispiel ist in Tabelle 2 zusammengefasst. Zum Erntezeitpunkt wurden im Grünmais erhebliche Mykotoxinkonzentrationen nachgewiesen, die sich auch in der CCM-Silage nach mehreren Monaten wiederfanden. Die CCM-Silage wurde an Mastschweine als Hauptbestandteil der Ration eingesetzt. Ca. vier Wochen nach Beginn der Verfütterung zeigten sich bei weiblichen Tieren die typischen Hyperöstrogenismus-Symptome, insbesondere Vulvaschwellung und Rauscheverhalten, die bis zur Schlachtung über mehrere Monate anhielten. Die Gebärmuttern der geschlachteten Tiere waren erheblich vergrößert und ödematisiert, obwohl die Sauen entsprechend den Ovarbefunden noch nicht geschlechtsreif waren. In der Gallenflüssigkeit dieser Tiere wurden in hohen Konzentrationen insbesondere Zearalenon und seine Derivate wiedergefunden, womit sich der Kreis von der Mykotoxinbildung auf der Pflanze auf dem Feld über das Überdauern in der Silage, den Schäden an den Tieren bis zum Nachweis der Mykotoxine in der Galle lückenlos schließt.

Tabelle 2: Fallbeispiel: Der Weg von Fusarientoxinen vom Grünmais über die Silage zum Schwein, Auslösung von klinischen Erscheinungen und Auffinden in der Galle

mykologischer Befund	mykotoxikologischer Befund (mg/kg)		
Grünmais zum Erntezeitpunkt 1996	n = 14		
	ZEA	DON	NIV
F. culmorum	n = 14	n = 11	n = 3
F. graminearum	max. 13.348	max. 10.580	max. 1.300
F. avenaceum	min. 409	min. 165	min. 107
CCM-Silage Juni 1997			
negativ	318	1.100	< 100
negativ	210	< 100	< 100
klinische Erscheinungen bei weiblichen Mastschweinen:			
Hyperöstrogenismus (starke Vulvaschwellung und -rötung, extrem vergrößerte Uteri bei praupubertalen Ovarien)			
Gallenflüssigkeit n = 15			
entfällt	Zearalenon	124,0	
	α - Zearalenol	176,3	
	β - Zearalenol	140,8	
	Gesamt-ZEA	441,1	
	DON	28,0	

Wiederkäuer sollen gegen Mykotoxine weniger empfindlich sein, da ein Abbau im Pansen erfolgt. In zwei Michviehherden, in denen fusarientoxinbehaftete Maissilage eingesetzt wurde, mussten aber die in Tabelle 3 zusammengestellten Beobachtungen gemacht werden.

Tabelle 3: Gesundheits- und Leistungsdepressionen im Zusammenhang mit der Verfütterung fusarientoxinbehafteter Maissilge

Milchkühe	
- Tiergesundheit	- vermehrt Durchfälle unklarer Genese - vermehrt Festliegen p. p. - vermehrt Arthritiden
- Fruchtbarkeit	- vermehrt Fruchtresorption, Frühaborte, Frühgeburten - Ansteigen der Umrinderrate und der Zwischenkalbezeit - vermehrt Nachgeburtverhalten
- Eutergesundheit	- erwartete Steigerung der Milchleistung nicht eingetreten - schleichende Erhöhung der Zellzahl, gehäuft bei Färsen - Erhöhung der Mastitishäufigkeit einschließlich der Behandlungshäufigkeit - hohe Schwankungen in der Zellzahl
- Kälbergesundheit	Vitalität vermindert

Es wurden daraufhin die Auswirkungen der Verfütterung fusarientoxinbehafteter Maissilage über den Zeitraum eines Jahres bei Milchkühen in einem konzentrierten Bestand mit über 3.000 Tieren untersucht, eindeutigen Ergebnisse konnten aber nicht festgestellt werden. Es deutete sich an, dass die Zellzahl als Ausdruck allgemeiner Gesundheits- bzw. Eutergesundheitsstörungen anstieg und die Fruchtbarkeit, die Kälber- sowie die Klauengesundheit depressiv beeinflusst werden können. Dazu sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Die untersuchten Futtermittelkonservate, vorrangig Silagen und Getreide, sowie Fertigfuttermittel für Schweine wiesen bezüglich des **Lagerpilz**befalles ganz überwiegend eine gute bis sehr gute Qualität auf. **Ochratoxin A** als ein bedeutendes Mykotoxin der Lagerpilze wurde nur ganz vereinzelt in geringen Konzentrationen

nachgewiesen, so dass geschlussfolgert werden kann, dass bei ordnungsgemäßer Konservierung kein besonderes Gefährdungsrisiko durch Lagerpilze besteht.

Im Jahre 2000 wurden von der DLG Orientierungswerte für den Gehalt an Fusariantoxinen in Futtermitteln mitgeteilt, bei deren Unterschreitung die Gesundheit und Leistung der Tiere nicht beeinträchtigt werden soll. Diese Orientierungswerte haben zum Ziel, eine Beeinträchtigung der Leistungen und der Gesundheit der Tiere unter üblichen Produktionsbedingungen zu vermeiden. Sie berücksichtigen keine Langzeiteffekte insbesondere auf die Fruchtbarkeit und das Immunsystem, so dass auch bei niedrigeren Konzentrationen die Bedeutung von Mykotoxinen als Einflussfaktor bei Leistungs- und Gesundheitsdepressionen abgeklärt werden muss.

Schlußfolgerungen

- Schimmelpilzbefall und Mykotoxinbehaftung der Futtermittel sind auch im Freistaat Sachsen ein potentiell Risiko sowohl für die Ertragsleistung der Pflanzenbestände, die Qualitätssicherung während der Lagerung der Futtermittel als auch für die Gesundheit und Leistung der landwirtschaftlichen Nutztiere.
- Besondere Bedeutung hat der Befall der Futterpflanzen während des Wachstums auf dem Feld mit Schimmelpilzen der Gattung *Fusarium*.
- Durch den Fusariumbefall können in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf, der Pflanzenart und dem Standort erhebliche Ertragsausfälle durch Schäden an den Pflanzen verursacht werden.
- Der Befall der geernteten Futtermittel mit Lagerpilzen und deren Toxinbildung kann durch eine ordnungsgemäße Konservierung und Lagerung verhindert werden.
- Für die tierische Erzeugung ist von besonderer Bedeutung, dass verschiedene Spezies der Fusarien hochtoxische Mykotoxine bilden können, die durch die Futtermittelkonservierung und -lagerung nicht inaktiviert werden.
- Mykotoxikosen bei den Tieren sind häufig durch mehrere Toxine bedingt und äußern sich in Abhängigkeit von der Dauer und der Menge der Aufnahme, der Tierart und der Nutzungsrichtung sowie in Interaktion mit weiteren Einflussfaktoren überwiegend als unspezifische Gesundheits- und Leistungsdepressionen. Die wirtschaftlichen Einbußen können erheblich sein.
- Beim Schwein verursachen Fusariantoxine vorrangig Fruchtbarkeitsstörungen, können aber auch an einer Verminderung der täglichen Zunahmen und dem gehäuftten Auftreten infektiöser Faktorenkrankheiten bei wachsenden Tieren ursächlich beteiligt sein.
- Bei Milchkühen kann sich insbesondere die Milchzellzahl als Ausdruck allgemeiner Gesundheits- bzw. Eutergesundheitsstörungen erhöhen.
- Im Vordergrund der prophylaktischen Maßnahmen zur Verhinderung vermehrten Fusariumbefalls stehen pflanzenbauliche Maßnahmen bezüglich der Bodenbearbeitung, Sortenwahl und Fruchtfolge. Ein Fungizideinsatz ist nur eingeschränkt wirksam.
- Zur Vorbeuge von Schimmelpilz- und Mykotoxinschäden ist die Kenntnis der entsprechenden Futtermittelqualität erforderlich.
- Mykologische und mykotoxikologische Futtermitteluntersuchungen dürfen nicht erst beim Auftreten von Schadensverdacht erfolgen. Sie müssen das Wachstum der Pflanzen, die Konservierung und Lagerung der Futtermittel begleiten, um rechtzeitig erforderliche Maßnahmen ergreifen zu können.
- Es sind Orientierungswerte für die tolerierbaren Aufnahmemengen der einzelnen Mykotoxine festgelegt, bei deren Unterschreitung das Auslösen von Mykotoxinschäden unwahrscheinlich ist.

- Fusariantoxinhaltige Futtermittel sollten nicht an Schweine, zumindest nicht an Sauen und Jungschweine verfüttert werden.
- Der mykologische und mykotoxikologische Status eines Futtermittels müssen feste Parameter bei der Qualitätsbeurteilung eines Futtermittels sein.
- Es werden verschiedene „Mykotoxinneutralisierer“ als Futtermittelzusätze mit unterschiedlichen Wirkungsmechanismen angeboten. Ihre Wirksamkeit ist zu prüfen.

Beobachtungen zum Einfluss eines Mykotoxinbinders auf die Sauenfruchtbarkeit

Hörügel, Klaus (Köllitsch)¹; Vergara, Helga

Mykotoxine sind ein potentieller Risikofaktor für das Auftreten von Leistungsminderungen und Gesundheitsstörungen. Insbesondere die Fruchtbarkeitsleistungen der Sauen können durch Mykotoxine, vor allem die Fusariantoxine Zearalenon (ZEA) und Deoxynivalenol (DON), beeinträchtigt werden.

Wenn durch ackerbauliche Maßnahmen und wegen ungünstiger Witterungsverhältnisse ein Fusarienbefall einschließlich Mykotoxinbildung des Erntegutes nicht verhindert werden konnte, ist eine Detoxifikation der Konservate anzustreben, um eine Verfütterung zu ermöglichen. Dafür bieten sich mehrere Verfahren an.

Bei niedriger Mykotoxinbehaftung kann eine Verfütterung an Tiere oder Leistungsgruppen mit geringerer Mykotoxinempfindlichkeit erfolgen, z. B. Mastbullen, Geflügel, Mastschweine. Des weiteren besteht die Möglichkeit, die behafteten Chargen mit unverdächtigen Partien zu verschneiden, was aber zukünftig zur Erhöhung der Sicherheit des gesundheitlichen Verbraucherschutzes wahrscheinlich nicht mehr statthaft sein wird. Die dritte Möglichkeit umfasst die verschiedenen Verfahren der Detoxifikation. Das Reinigen des Getreides mit Entfernen der durch den Pilz geschädigten Körner, die höhere Gehalte an Mykotoxinen enthalten, sowie das Schälen des Getreides kann den Mykotoxingehalt im Futtermittel erheblich senken. Es ist weiterhin möglich, durch eine chemische Behandlung mit Harnstoff, Na-Disulfit oder Natronlauge (Soda-grain) eine Detoxifikation in beachtlichen Größenordnungen zu erreichen. Das Getreide ist dann aber nur noch an Rinder zu verfüttern.

In den letzten Jahren sind eine Vielzahl von Zusätzen zum Futtermittel auf den Markt gekommen, die Mykotoxine binden oder durch eine enzymatische Spaltung inaktivieren sollen. Der Nachweis der Wirksamkeit gegen Fusariantoxine zur Verhinderung von Leistungs- und Gesundheitsstörungen beim Schweine steht aber noch aus.

Was ist zu erwarten, wenn ein wirksamer Mykotoxinbinder in einer belasteten Sauenherde eingesetzt wird? Das lässt sich am Beispiel der Auswirkungen von Störungen während der Trächtigkeit erläutern. Wirkt die Störung im letzten Trächtigkeitsmonat, wird sich insbesondere die Qualität der neugeborenen Ferkel vermindern, d. h., dass die Geburtsmassen absinken und sich der Anteil an Totgeburten, mindergewichtigen und spreizenden Ferkeln erhöhen wird, denn die Feten wachsen besonders intensiv im letzten Trächtigkeitsmonat. Beim Einwirken im dritten Trächtigkeitsmonat wird ebenfalls die Ferkelqualität vermindert werden, und es kann durch fetalen Fruchttod zu einem Absinken der Wurfgrößen kommen. Im zweiten Trächtigkeitsmonat werden darüber hinaus durch totalen Fruchttod die Abferkelraten absinken. Bei Einwirkung im besamungsnahen Zeitraum werden insbesondere die Abferkelraten und Wurfgrößen beeinträchtigt werden, während die Feten noch ausreichend Zeit haben, sich zu einem normalen Ferkel zu entwickeln. Dieses Modell zeigt, dass schon kurzzeitige Einwirkungen von Störungen langfristige Auswirkungen auf die Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen haben können. Im Umkehrschluss ergeben sich die zu erwartenden Leistungsverbesserungen beim Einsatz eines wirksamen Mykotoxinbinders. Sie müssen sich als eine Normalisierung

¹ eMail: klaus.hoeruegel@fb08.lfl.smul.sachsen.de

der Ferkelqualität und einer Erhöhung der Wurfgrößen und Abferkelraten darstellen. Im zeitlichen Ablauf ist bei der Bewertung zu beachten, dass sich die beiden letztgenannten Parameter frühestens vier Monate, also einer Trächtigkeitsdauer, nach Beginn der Verabreichung des Mykotoxinbinders erhöhen können.

In mehreren Ferkelerzeugerbetrieben einer EZG in Sachsen sind ab Frühjahr 2001 zwei Mykotoxinbinder in den Sauenfuttermitteln eingesetzt worden, um das allgemeine Gesundheitsniveau und insbesondere die Fruchtbarkeitsleistungen zu verbessern. Der Einsatz erfolgte zeitgleich an alle Sauen des Bestandes, die sich entsprechend in unterschiedlichen Reproduktionsstadien befanden.

Der Mykotoxinbinder 1 (MB 1) besteht aus Al-Silikat, das eine adsorbierende Wirkung gegenüber Mykotoxinen aufweisen soll. Dem Mykotoxinbinder 2 (MB 2) sind zusätzlich noch Nukleotide zugegeben, die insbesondere auf eine mykotoxingeschädigte Leber positive Auswirkungen haben sollen. Die In-vitro-Untersuchungen weisen aus, dass durch den Zusatz des Mykotoxinbinders zu behaftetem Getreide eine deutliche Reduzierung des Nachweises von DON erreicht werden kann.

In fünf Betrieben konnte der Einfluss auf die Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen und in einem Betrieb auf die Aufzuchtleistungen analysiert werden.

Nachfolgend sollen beispielhaft die Ergebnisse aus zwei Betrieben dargestellt werden.

Betrieb 1 - Analyse der Auswirkungen auf die Fruchtbarkeitsleistungen

Veranlassung für den Einsatz des Mykotoxinbinders waren unzureichende Fruchtbarkeitsleistungen.

Aus der Darstellung der Auswirkungen von Störungen auf die Fruchtbarkeit leiten sich die zu analysierenden Parameter ab. Das sind die Trächtigkeits- bzw. Abferkelraten und die Wurfgrößen. Bei der Analyse dieser Parameter ist zu beachten, dass die Sauen mit den verschiedenen Wurfnummern ein unterschiedliches Leistungsniveau haben. Es wurde deshalb bei der Analyse der Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen eine getrennte Bewertung für Jungsauen, Sauen mit dem zweiten Wurf und Sauen ab dritten Wurf vorgenommen, deren Ergebnisse aber nicht detailliert mitgeteilt werden können.

Die Analyse erstreckte sich über die Jahre 2000 und 2001, um einen Eindruck von der Dynamik der Fruchtbarkeitsleistungen auch im Zeitraum vor dem Einsatz des Mykotoxinbinders zu bekommen. Der Untersuchungsbestand hat, ebenso wie die anderen fünf ausgewerteten Betriebe, über 1.000 Sauen.

Die Abferkelrate stieg im Jahre 2000 kontinuierlich an, allerdings nicht synchron bei den einzelnen Wurfnummern und fiel um den Jahreswechsel deutlich ab. Das könnte z. B. auf die Besamungen in den warmen Sommermonaten zurückzuführen sein.

Im Jahre 2001 verliefen die Abferkelraten vor allem bei den Sauen ab dritten Wurf in den ersten sieben Monaten sehr kontinuierlich, lagen mit ca. 70 % aber nur auf einem niedrigen Niveau. Sie stiegen im Verlaufe des Jahres an, nachdem im Oktober 2000 im Ergebnis der ultrasonografischen Ovardiagnostik das Biotechnik- und Besamungsregime der Jungsauen sowie das Besamungsregime bei Altsauen umgestellt worden waren. Die Jungsauen realisierten im Jahresmittel mit insgesamt 76 % Abferkelrate ein sehr gutes und deutlich besseres Ergebnis als die Altsauen mit nur 73 %. Das drastische Absinken im Dezember 2001 war auf eine vorübergehende Veränderung im biotechnischen Regime bei den Jungsauen zurückzuführen.

Ab März 2001 wurde in allen Sauenfuttermitteln der MB 1 und ab September 2001 zusätzlich der MB 2 eingesetzt. Demzufolge waren Auswirkungen auf die Abferkelraten frühestens ab Juli 2001 zu erwarten. Es deutete sich ein Ansteigen der

Abferkelraten über alle Wurfnummern in den ersten drei Einsatzmonaten an, aber anschließend erfolgte wieder ein Absinken. Das hat zu der Entscheidung geführt, zusätzlich den MB 2 ab September 2001 einzusetzen, dessen Auswirkungen aber erst ab Abferkelungen Februar 2002 beurteilt werden können.

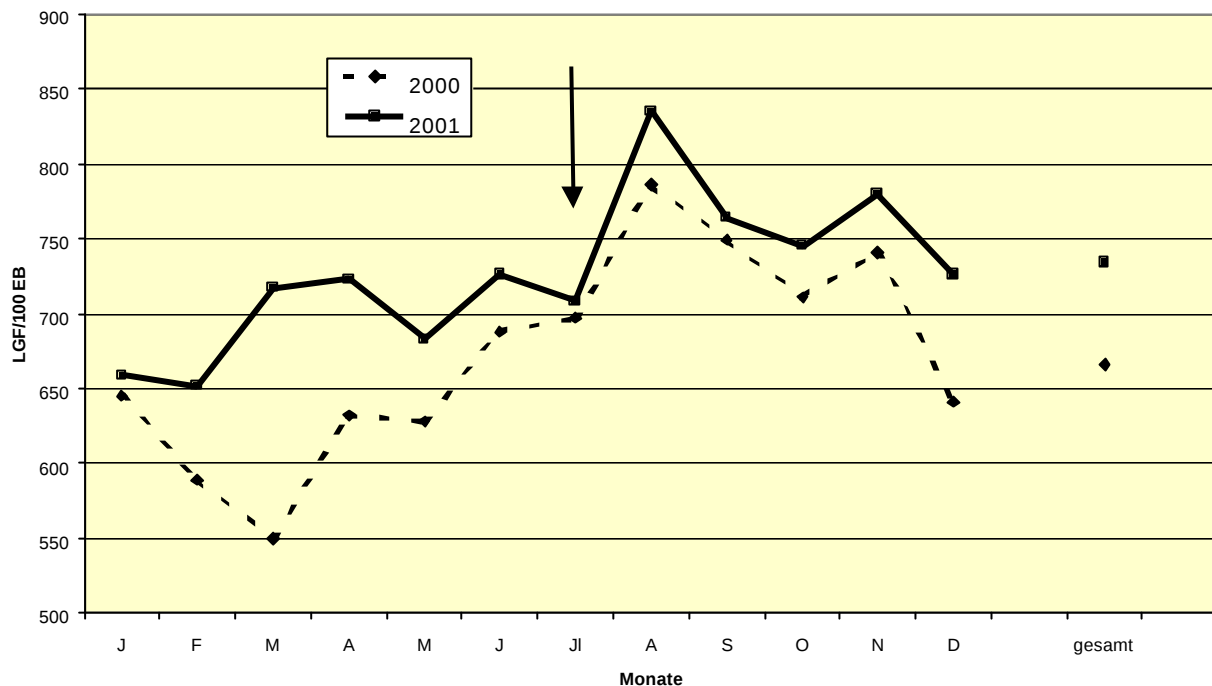


Abbildung 1: Ferkelindex Betrieb 1, 2000 - 2001

Eine eindeutige Aussage zur Wirksamkeit der Mykotoxinbinder ist nicht möglich, auch nicht durch die Analyse der Wurfgrößen. Die Schwankungen in den beiden Untersuchungsjahren zeigten keine gerichtete Tendenz. Beim Vergleich der Dynamik der Ferkelindizes (geborene Ferkel/100 Erstbesamungen) in Abbildung 1 ist zu erkennen, dass der Verlauf, wenn auch auf unterschiedlichem Niveau, in den beiden Untersuchungsjahren sehr ähnlich ist. Es ist deshalb anzunehmen, dass die Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen auch im Jahre 2001 vorrangig durch betriebsspezifisch wirkende Faktoren (PRRS-Infektion, unbefriedigende Haltungsbedingungen der tragenden Sauen) beeinflusst worden sind, auf die der Mykotoxinbinder keinen nachweisbaren Einfluss hatte.

Zum Beginn des Einsatzes des Mykotoxinbinders und zum Jahresende wurden mykotoxikologische Untersuchungen der Futtermittel bzw. -komponenten durchgeführt. Die ermittelten Mykotoxingehalte lagen deutlich unter den DLG-Orientierungswerten, so dass daraus abzuleiten ist, dass es keine Hinweise darauf gibt, dass im Einsatzzeitraum des Mykotoxinbinders eine besondere Fusarientoxinbelastung vorgelegen hat.

In gleicher Weise wurden die Analysen in den anderen vier Betrieben vorgenommen, die wegen des Umfangs hier nicht dargestellt werden können. Es zeigte sich aber übereinstimmend die gleiche Situation. Eine Verbesserung der Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen war ebenso wie eine erhöhte Mykotoxin-belastung nicht nachweisbar.

Betrieb 2 - Analyse der Auswirkungen auf die Aufzuchtleistungen

In diesem Betrieb wurden die Auswirkungen des Mykotoxinbindereinsatzes auf die Wurf- und Aufzuchtleistungen analysiert. Veranlassung für den Einsatz eines Mykotoxinbinders war folgender. Trotz regelmäßiger Impfung gegen PRRS kam es seit August 2000 insbesondere bei den Altsauen zu erheblichen Schwankungen in den Fruchtbarkeitsleistungen. Gleichzeitig erhöhte sich die Zahl der tot geborenen Ferkel im Jahresmittel in den Altsauen-Würfen auf 2,6 und in den Jungsauen-Würfen auf 2,1. Das ging mit einem Anstieg der Saugferkelverluste und einem teilweisen Milchmangel der Sauen ohne Hinweise auf ein MMA-Geschehen einher.

Die Ergebnisse der pathologisch-anatomischen und histologischen Befunde an den Geschlechtsorganen geschlachteter fruchtbarkeitsgestörter Sauen (Gewichtsvergrößerung der Uteri durch Ödematisierung im Diöstrus, histologisch nachweisbare eitrige Endometritiden in Verbindung mit ovariellen Zyklusstörungen), die DON-Konzentration in den Gallensäften, der Nachweis von Zearalenon, DON und anderen Trichothecen im Futter und die Leberbelastung (erhöhte ASAT-Werte) bei älteren Sauen ließen eine chronische, länger dauernde Einwirkung einer Summe von verschiedenen Mykotoxinen in geringer Konzentration vermuten, die an den Fruchtbarkeitsstörungen und Leistungsdepressionen beteiligt sein könnten. Aus diesem Grund wurde im Betrieb 2 ab Dezember 2000 der MB 1 eingesetzt.

Die Wurfgrößen über alle Wurfnummern sind in Abbildung 2 dargestellt. Sie lagen mit 11,2 bei Jung- und 12,2 insgesamt geborene Ferkel bei Altsauen im Jahre 2000 auf einem hohen Niveau. In den ersten 7 Monaten des Jahres 2001 stiegen die Wurfgrößen bei Altsauen auf über 12,5 insgesamt geborene Ferkel an, um in den nachfolgenden Monaten wieder deutlich abzusinken, so dass im Jahresmittel nahezu gleiche Wurfgrößen wie im Jahre 2000 erreicht wurden.

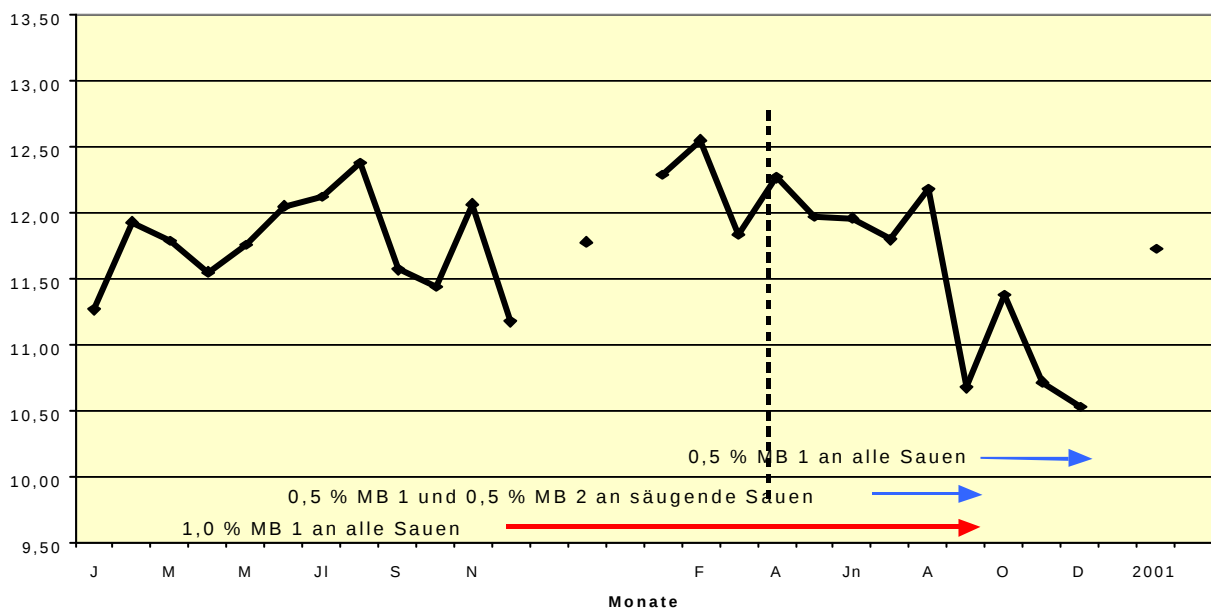


Abbildung 2: Wurfgrößen IGF Betrieb 2, 2000 - 2001

Der MB 1 wurde ab Dezember 2000 eingesetzt, so dass Auswirkungen auf die Wurfgrößen erst bei den Abferkelungen ab April 2001 zu erwarten gewesen wären. Der Anstieg erfolgte aber schon ab Januar 2001 und kann deshalb nicht durch den

Mykotoxinbinder bewirkt worden sein. Ein Zusammenhang zur Erhöhung der täglichen Futterration an alle Sauen ab der zweiten Trächtigkeitswoche ab 15.10.2000 ist zu beachten.

Neben den Wurfgrößen hat sich ab Januar 2001 auch die Qualität der neugeborenen Ferkel verbessert, denn der Anteil an totgeborenen und nicht aufzuchtfähigen Ferkeln konnte bei im Jahresdurchschnitt gleicher Wurfgröße der insgesamt geborenen Ferkel um 0,5 Ferkel/Wurf reduziert werden. Dadurch erhöhte sich bei gleichem Verlustniveau der aufzuchtfähigen Ferkel die Anzahl der abgesetzten Ferkel/Wurf im Jahresmittel um 0,5 Stück.

Die Erhöhung des Anteils an aufzuchtfähigen Ferkeln könnte durch den Mykotoxinbinder unterstützt worden sein. Allerdings sind in diesem Zeitraum im Untersuchungsbetrieb auch die zootechnischen Maßnahmen der Geburtenüberwachung und Neugeborenenfürsorge intensiviert worden.

Wie auch im Betrieb 1 konnte aber bei den insgesamt 19 mykotoxikologischen Futtermitteluntersuchungen in den Jahren 2000/01 keine besondere Mykotoxinbelastung ermittelt werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass in den sechs analysierten Betrieben keine gerichteten Hinweise auf eine Leistungsverbesserung durch den Einsatz des Mykotoxinbinders erkennbar waren.

Das kann prinzipiell zwei Ursachen haben.

1. Der Mykotoxinbinder hat unter den gegebenen Einsatzbedingungen keine oder eine nur ungenügende Wirksamkeit.
2. Die Leistungsdepressionen werden nicht oder nicht hauptsächlich durch Mykotoxine verursacht.

Im Ergebnis der in den Betrieben durchgeführten mykotoxikologischen Futtermitteluntersuchungen und der im Mittel geringen Mykotoxinbelastung des sächsischen Erntegutes aus der Ernte des Jahres 2000 ist die zweite Ursache wahrscheinlich, die erste aber nicht auszuschließen.

Schlussfolgerungen:

1. Eine Mykotoxinbehaftung der Futtermittel ist durch ackerbauliche und konservierende Maßnahmen zu vermeiden.
2. Vor dem Einsatz eines Mykotoxinbinders sind mögliche andere Ursachen für die Leistungs- und Gesundheitsdepressionen zu analysieren und die Mykotoxingehalte in den Futtermitteln zu prüfen.
3. Für die Bewertung der Wirksamkeit gegen Fruchtbarkeitsstörungen sind die biologischen Leistungen an Hand der Parameter Trächtigkeits- bzw. Abferkelrate sowie Wurfgröße der insgesamt und lebend geborenen Ferkel, getrennt nach Wurfnummern zu analysieren.
4. Eine Verbesserung der Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen durch den geprüften Mykotoxinbinder war in sechs untersuchten Schweinezuchtbeständen nicht festzustellen.
5. Allerdings lag die Mykotoxinbelastung der Futtermittel im Einsatzzeitraum teilweise weit unter den Orientierungswerten.

Einfluss von Bewässerungswasser unterschiedlicher Beschaffenheit auf die Qualität von Gemüse und Sonderkulturen

Pfleger, Ingrid (Jena)

1. Problemstellung

Eine marktgerechte Produktqualität auf einem hohen Ertragsniveau ist vor allem für Gemüse in den niederschlagsärmeren Gebieten nur mit Zusatzwasser möglich. Das dafür verwendete Beregnungswasser muss nachweislich hygienisch und chemisch unbedenklich sein, um eine Schadstoffkontamination auszuschließen. Unter Thüringer Bedingungen mit überwiegend grundwasserfernen Standorten dominiert die Entnahme von Wasser aus Oberflächengewässern (Stand- und Fließgewässer). Die Qualität der Fließgewässer entspricht aus bakteriologischer Sicht oft nicht den Anforderungen.

2. Vorgehensweise

Für die Beurteilung der Beregnungswasserqualität wurde von der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) Jena ein Bewertungsrahmen in Form von „Empfehlungen für die Untersuchung und Bewertung von Wasser zur Bewässerung von gärtnerischen und landwirtschaftlichen Fruchtarten in Thüringen“ (1. Auflage 1997, 2. Auflage 1999) erarbeitet. Er enthält hygienisch-mikrobiologische Kenngrößen weitgehend deckungsgleich zur DIN 19650 (1999), chemische und weitere Parameter sowie Hinweise zur Wasserprobenahme, zu Untersuchungsprogrammen (Beprobungszeiten und -umfang) und Einsatzmöglichkeiten.

Bei einer Verwendung von verschmutztem Bewässerungswasser kann eine Kontamination der Pflanzen mit Mikroorganismen nicht ausgeschlossen werden. Diese Tatsache ist dann bedeutungsvoll, wenn die Produkte im rohen Zustand verzehrt werden. Deshalb wurden zur besseren Vorsorge gegen Erkrankungen des Konsumenten beim Rohverzehr von Gemüse und Obst, aber auch bei Heil- und Gewürzpflanzen in der Abteilung Untersuchungswesen der TLL Jena im Zeitraum von 1997-2001 insgesamt 218 Ernteproben auf folgende ausgewählte Parameter untersucht:

- * bakteriologische Kenngrößen: Keimzahl, coliforme Keime, Escherichia coli, Fäkalstreptococcen und anteilig Salmonellen
- * chemische Gehalte: Nitrat, Cadmium, Blei und Quecksilber.

3. Untersuchungsergebnisse

3.1 Bakteriologische Kriterien

Die Untersuchungen zu Keimbelastungen in 11 verschiedenen Gemüsekulturen sowie Heil- und Gewürzpflanzen wurden parallel zu den Beregnungswasseranalysen in den Jahren 1997-2001 durchgeführt. Die ermittelten Keimbesatzstärken von 4 ausgewählten Kulturen sind in Tab. 1 als Jahresmittelwerte zusammengefasst. Die Ernteprodukte wurden vom Feld, der Bodenmodellanlage in Jena und aus Großmärkten entnommen. Die Beregnung erfolgte mit Wasser geeigneter Qualität von Eignungsklasse 1-3 (Empfehlungen der TLL Jena, 1999). Die Keimzahlen spiegeln die allgemeine Verbreitung der Mikroben unter Freilandbedingungen wider.

Tab. 1: Keimbeseztzichten auf ausgewählten Ernteprodukten unter Freilandbedingungen im Zeitraum 1997-2001 (Jahresmittelwerte)

Indikatorbakterien	Keimbeseztzichten in KBE / g als von-bis-Spannen			
	Kopfkohl	Blumenkohl	Gurken	Pfefferminze
Keimzahl	$3,1 \cdot 10^4 - 4,0 \cdot 10^6$	$7,1 \cdot 10^4 - 1,6 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^6 - 2,8 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^4 - 3,3 \cdot 10^6$
Coliforme	$0,1 \cdot 10^1 - 1,1 \cdot 10^4$	$7,0 \cdot 10^1 - 6,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^2 - 1,4 \cdot 10^5$	$0,2 \cdot 10^1 - 3,9 \cdot 10^3$
E. coli	n.n. $-0,2 \cdot 10^1$	n.n. - 0,9	n.n. - $1,0 \cdot 10^2$	$0,3 - 0,3 \cdot 10^1$
Fäkalstreptococcen	n.n. + nachw.	n.n. + nachw.	nachw.	n.n. + nachw.
Salmonellen je 25g	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.n. : nicht nachweisbar

nachw. : qualitativ nachweisbar

Die bakteriologischen Untersuchungen wiesen bei den geprüften Kulturen **Gesamtkeimzahlen** in der Größenordnung von mehreren 10^4 bis 10^7 KBE/g auf. In der Literatur (Abdelnoor et al. 1983, Houang et al. 1991 u.a.) werden auch maximale Koloniezahlen bis zu 10^7 und 10^8 /g bei Eisberg- und Kopfsalat angegeben. Die Besatzstärken an **coliformen Keimen** zeigen sehr große Schwankungen von <1 bis 10^4 bei Kopfkohl und 10^5 bei Gurken als maximale Einzelwerte. Bei letzterer Fruchtart ist das Anhaften von Bodenteilchen nicht ausgeschlossen, welches zu einem Anstieg der Keimzahlen insgesamt führte. Die Besatzdichten an **Escherichia coli** können bei allen untersuchten Kohlarten als sehr gering bezeichnet werden.

Weitere gezielte Untersuchungen an Ernteprodukten von Kopfkohl, Blumenkohl, Schnittlauch und Petersilie erfolgten in der Bodenmodellanlage (BMA) Jena mit unbewässerten Prüfvarianten und mit Beregnungswasser unterschiedlicher Qualität in Form von Trinkwasser bzw. stark bakteriologisch belastetem Wasser der Eignungsklasse 3 und 4. Die hohe bakterielle Belastung des Beregnungswassers wurde zwecks starker Qualitätsdifferenzierung bewusst gewählt. Das dafür in den Jahren 1997-2001 verwendete bakteriologisch belastete Wasser wurde aus den beiden Fließgewässern Saale und Gleisbach entnommen und wies durchschnittlich folgende Keimbeseztzichten auf:

Coliforme Keime:	Ø 67800 KBE/100ml
E. coli:	Ø 12140 KBE/100ml
Fäkalstreptococcen:	Ø 2930 KBE/100ml.

In einzelnen Fällen war der Salmonellennachweis sogar positiv.

Nachfolgend sollen Ergebnisse von Kopf- und Blumenkohl mitgeteilt werden.

Die Gemüsekulturen der beregneten Prüfvarianten wurden von oben mit der Gießkanne benetzt und die Zusatzwassermenge in 20mm Gaben nach Steuerungsverfahren wie der Klimatischen Wasserbilanz und Geisenheimer Methode errechnet. Insgesamt wurden im Mittel der Jahre zu Kopfkohl 100mm und Blumenkohl 120mm Zusatzwasser verabreicht. Ausgewählte Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 2 aufgeführt.

- Von den drei untersuchten Bakteriengruppen wiesen die Coliformen die größten Unterschiede auf. Diese bestanden zwischen den beiden Fruchtarten aber auch innerhalb einer Gemüseart zwischen den einzelnen Jahren sowie innerhalb eines Jahres.
- Bei **Kopfkohl** wurden mit und ohne Beregnung etwa gleich große Besatzdichten an Indikatorbakterien ermittelt. Der Einsatz von belastetem Wasser erhöhte die Besatzstärke an Keimen nicht.

Die äußeren Hüllblätter von Kopfkohl verfügten über höhere coliforme Keimdichten als die ganzen Kohlköpfe. Diese Resultate werden auch in der Literatur (Adams et al. 1989, Projekt Baden-Württemberg, 2000) in der Form bestätigt, dass die äußeren Blätter von unterschiedlichen Salaten um durchschnittlich eine Zehnerpotenz stärker mit Keimen belastet sind als die inneren.

- Beim **Blumenkohl** wiesen die Besatzdichten an Coliformen und E. coli keine Unterschiede zwischen den Varianten unbewässert und beregnet mit Trinkwasser aus. Die Beregnung mit belastetem Wasser vergrößerte die Besatzdichte an Coliformen und E. coli wesentlich. Die bessere Benetzbarkeit der Blumenkohloberfläche mit den zahlreichen kleinen Röschen könnte eine Erklärung für den Nachweis der Indikatorkeime sein.
- Fäkalstreptococcen waren unabhängig von dem Zusatzwasserangebot auf den geprüften Kulturen zum überwiegenden Teil qualitativ nachweisbar.
- Salmonellen konnten in allen untersuchten Ernteprodukten sowohl in der Bodenmodellanlage in Jena, im Feld und aus dem Großmarkt nicht nachgewiesen werden.

Tab. 2: Keimbesatz an Gemüsekulturen ohne und mit Bewässerung (BMA Jena)

Fruchtart / Prüfvariante	Coliforme (KBE/g)	E. coli (KBE/g)	Fäkalstreptococcen (KBE/g)
Kopfkohl (Mittelwert 1997-1999)			
Ganze Kohlköpfe:			
unberegnet	7560	0 - ≤ 0,3	nachweisbar
beregnet: Trinkwasser	6800	0 - ≤ 0,3	nachweisbar
belastetes Wasser	3189	0 - ≤ 0,3	nachweisbar
Äußere Hüllblätter:			
unberegnet	≥ 11000	0 - ≤ 0,3	nachweisbar
beregnet: Trinkwasser	≥ 11000	0 - ≤ 0,3	nachweisbar
belastetes Wasser	≥ 11000	0 - ≤ 0,3	nachweisbar
Vergleich: Feldprodukte	0 - 1500	0 - ≤ 0,3	n.n. + nachw.
Großmarkt	<1,0 - 1100	0 - ≤ 0,3	n.n. + nachw.
Blumenkohl (Mittelwert aus 2 Ansätzen 2000): unberegnet	2,5 - 177	≤ 0,3	n.n. + nachw.
beregnet: Trinkwasser	2,2 - 170	≤ 0,3	n.n.
belastetes Wasser	2100 - 2400	0,9 - 7,2	n.n. + nachw.
Vergleich: Feldprodukte	0 - 607	0 - 0,3	n.n. + nachw.
Großmarkt	0 - 1100	0 - ≤ 0,3	n.n. + nachw.

Hervorzuheben sind ferner Untersuchungen zum Waschvorgang von Gemüse, die zur Keimreduzierung in der Größenordnung von einer Zehnerpotenz führten. Auch das Entfernen von äußeren verschmutzten und geschädigten Pflanzenteilen trägt wesentlich zur Minderung der Keimbelastung bei.

Die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen zeigen, dass die allgemeine und sehr unterschiedliche Verbreitung von Bakterien unter Freilandbedingungen durch den Zusatzwassereinsatz mit geeigneter Qualität nicht beeinflusst wird. Eine Wertung der Ergebnisse kann nur an Empfehlungen der DGHM (2001) zur Beurteilung von anderen Lebensmitteln vorgenommen werden, da national und in der Europäischen Union für die untersuchten Produkte keine rechtsverbindlichen Anforderungen vorliegen.

3.2 Chemische Kriterien

Vom BGA (1990), BgVV (1997) und auf EU-Ebene (EG-VO 2001) liegen keine Richtwerte für den **Nitratgehalt** der untersuchten Kulturarten vor. Als Bezugsgröße kann nur der Höchstwert von 2500 mg NO₃/kg FS von frischem Salat und Spinat verwendet werden.

Die Analysenergebnisse der Nitratuntersuchungen von acht bewässerten Kulturen (Kopfkohl, Blumenkohl, Brokkoli, Gurken, Bohnen, Pfefferminze, Schnittlauch und Petersilie) zeigten, dass der o.g. EU-Wert bis auf je einen Wert bei Pfefferminze und Petersilie deutlich unterschritten wurde.

Schwermetallgehalt

Für die Parameter Cadmium und Blei liegen nach der EG-Verordnung Nr. 466/2001 Höchstwerte für Blattgemüse und anteilig für Kohlgemüse und frische Kräuter vor. Bezugnehmend auf den fixierten Höchstwert für Cadmium von 0,2 mg/kg FS wird dieser bei allen geprüften Kulturen wesentlich unterschritten. Die Gehalte waren mit Mittelwerten < 0,02 mg/kg FS und Maxima < 0,04 mg/kg FS sehr gering und lagen häufig unter der Nachweisgrenze (Abb.1).

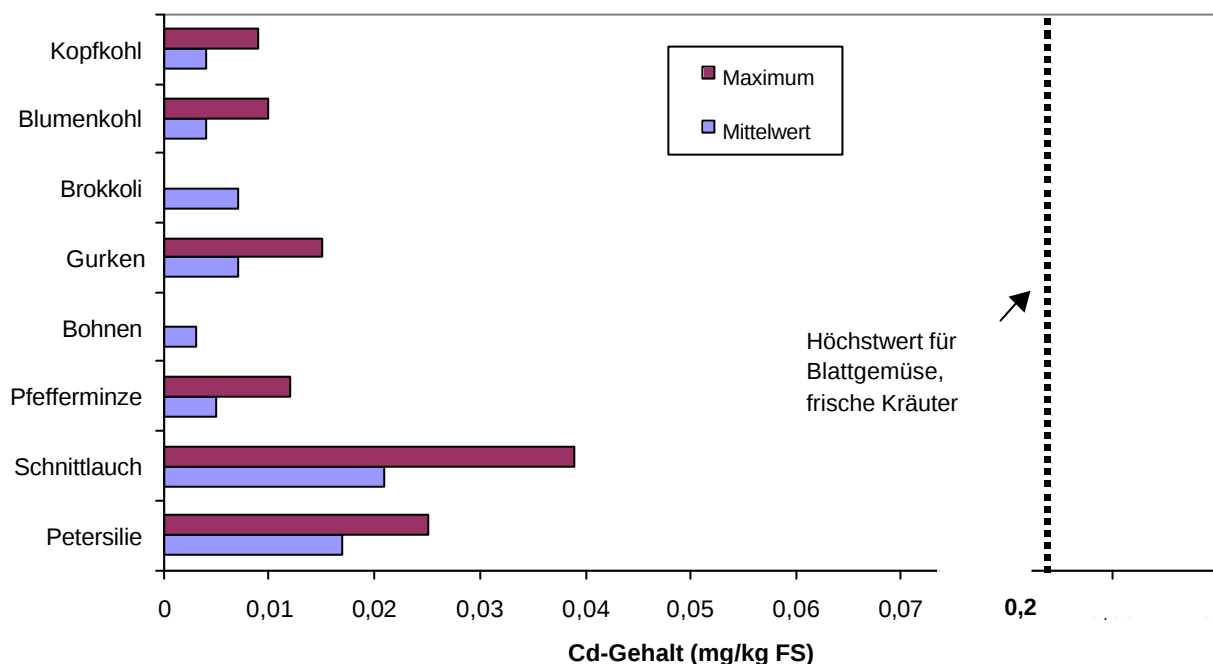


Abb. 1: Cadmium-Gehalt ausgewählter Fruchtarten

Auch die Bleigehalte der untersuchten Fruchtarten unterschritten bis auf eine Ausnahme in der Petersilie den Höchstwert von 0,3 mg/kg FS für Kohl- und Blattgemüse wesentlich.

Quecksilber war in nur wenigen Proben überhaupt auffindbar. Die Gehalte der untersuchten Fruchtarten lagen meist unterhalb der Nachweisgrenze und die Maximalwerte sogar unter 10% des Richtwertes.

Insgesamt ist ein niedriges Niveau der Cadmium-, Blei- und Quecksilbergehalte in den untersuchten Gemüse- sowie Heil- und Gewürzpflanzen analog zu Ergebnissen von Eisenbrand et al. (1988), Plescher (1995) und Zorn (2001) festzustellen. Die

bewässerten Kulturarten sind nicht mit Schwermetallen belastet. Diese Befunde bestätigen die Unbedenklichkeit der Schwermetallgehalte in den gärtnerischen Produkten.

4. Fazit

- Beim Einsatz von Wasser der Eignungsklasse 1-3 konnte aus hygienischer Sicht keine Beeinträchtigung der Produktqualität durch das Zusatzwasser festgestellt werden.
- Bei vorzugsweiser Verwendung von Wasser der Eignungsklasse 4 war bei Blumenkohl eine deutlich höhere Belastung an Indikatorbakterien nachweisbar.
- Aus der Sicht der Produktqualität bestätigen die eigenen Ergebnisse die Aussagen des Landesgesundheitsamtes Baden-Württemberg (2000), dass die Vorgaben der DIN 19650 (1999) für den Einsatz von Bewässerungswasser im Sinne eines vorbeugenden Gesundheitsschutzes des Verbrauchers ausreichend sind. Bei Einhaltung einer Karenzzeit von zwei Wochen ist auch bei mäßig höheren Ausgangsbelastungen eine gesundheitliche Schädigung des Verbrauchers nicht zu erwarten.
- Die Untersuchungen zur Ernteproduktqualität werden fortgeführt. Das gilt insbesondere für den richtigen Anwendungszeitraum der letzten Gabe vor der Ernte und für Kulturen, wo bisher Anzeichen für eine Qualitätsverschlechterung durch belastetes Wasser zu erkennen waren.

Einfluss des Fusariumbefalls auf die Backqualität von Winterweizen

Pringas, Christodulos (Göttingen)¹; Wang, Jinhua; Pawelzik, Elke; Märländer, Bernward

Reduzierte Bodenbearbeitungssysteme stehen in der Kritik, aufgrund verbleibender Erntereste auf der Bodenoberfläche günstige Ausgangsbedingungen für die Ausbreitung von Krankheiten und Schädlingen zu bieten. Im Getreideanbau gilt diese Vermutung insbesondere für Fusariosen. An Getreide führen Fusariosen zu einem geringen Tausendkorngewicht und damit zu erheblichen Ertragseinbußen. Die Fähigkeit von *Fusarium* sp. zur Bildung von Mykotoxinen, insbesondere von Deoxynivalenol (DON), stellt ein weiteres Problem dar. Der Verzehr mit Deoxynivalenol belastetem Weizen birgt gesundheitliche Risiken für Mensch und Tier. Unklar ist, in welchem Ausmaß der Fusariumbefall und die DON-Belastung die Backqualität von Winterweizen (Rohprotein, Fallzahl, etc.) beeinflussen. Kornproben mit unterschiedlichem Fusariumbefall und Deoxynivalenolgehalt wurden bei einer Untersuchung des Einflusses pflanzenbaulicher Maßnahmen (Göttingen 2001, Versuch mit 4 Wiederholungen) wie Sortenwahl (Petrus und Bandit) und differenzierter Fungizidbehandlung (mit und ohne Folicur™) auf das Auftreten von *Fusarium* sp. gewonnen und auf Parameter der Backqualität (Rohprotein, Fallzahl, Feuchtgluten, Backvolumen [Mikrobackversuch]) sowie auf die Deoxynivalenolkonzentration untersucht.

Die Deoxynivalenoluntersuchung ergab bei der fusariumtoleranten Sorte Petrus (Boniturnote 2) bei erfolgter Fungizidbehandlung mit Folicur™ niedrige DON-Werte, die zwischen der DON-Nachweisgrenze von 0,05 und 0,1 mg/kg Korn lagen (Tab.1).

Tab. 1: Einfluss von Sorte und Fungizidbehandlung auf den Fusariumbefall, die DON-Konzentration und Parameter der Backqualität von Winterweizen (oF = ohne

Fungizid	Sorte	Fus. bef. Ähren/m ²	DON [mg/kg]	Rohprotein [% TM]	Fallzahl [s]	Feuchtgluten [%]	Backvolumen [cm ³ /100g]
oF	Petrus	0,1 a	0,3 a	14,4 a	349 a	35,4 a	340 ab
oF	Bandit	2,9 b	1,8 b	13,3 a	280 b	33,3 b	349 a
mF	Petrus	0,0 a	0,1 a	14,0 a	354 a	35,5 a	325 c
mF	Bandit	1,3 a	0,5 a	13,5 a	286 a	35,6 a	332 bc

Fungizidbehandlung, mF = Fungizidbehandlung, Göttingen 2001)

Mittelwertsvergleich nach Tukey ($\alpha = 0,05$). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Signifikanz.

Ohne Fungizidbehandlung wies Petrus DON-Werte zwischen 0,08 bis 0,75 mg/kg Korn auf. Die DON-Werte der fusariumanfälligen Sorte Bandit (Boniturnote 7) lagen bei nicht erfolgter Fungizidbehandlung zwischen 1,3 und 2,3 mg/kg Korn. Deutlich niedrigere Werte wurden mit Fungizidapplikation erreicht (0,27 und 0,55 mg/kg Korn). Die Fungizidapplikation hatte bei beiden Sorten keinen gerichteten Einfluss auf Parameter der Backqualität; höhere Backvolumina ohne Fungizidapplikation sind durch ein verändertes Verhältnis von Höhe: Breite: Länge der Gebäckstücke begründet.

¹ eMail: Pringas@ifz-goettingen.de

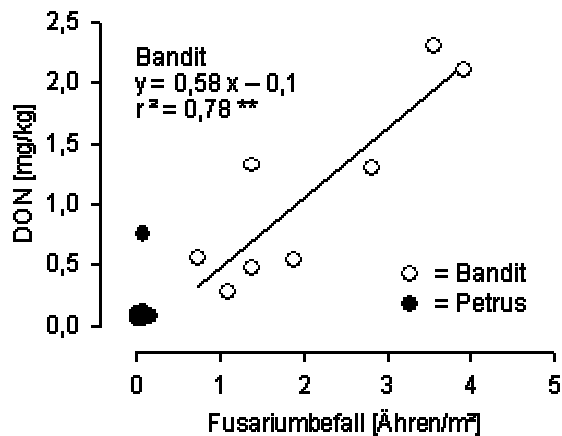


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Fusarium-Ährenbefall und DON-Konzentration (Göttingen 2001)

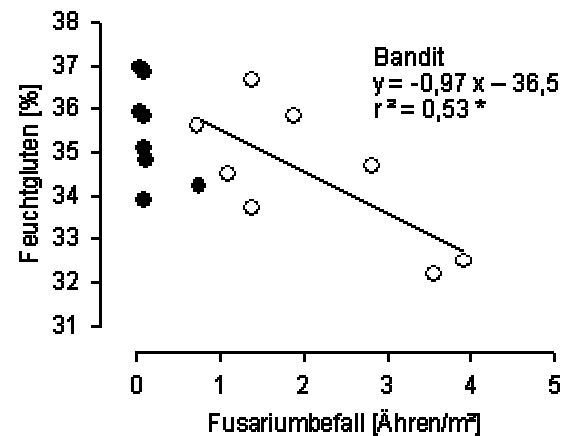


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Feuchtglutengehalt (Göttingen 2001)

Zwischen dem Ährenbefall mit *Fusarium* und der Deoxynivalenolkonzentration im Korn wurde ein enger Zusammenhang beobachtet (Abb1). Bei Bandit korrelierte der Feuchtglutengehalt negativ mit dem Fusariumährenbefall (Abb.2). Bei Petrus ließ der uneinheitliche Feuchtglutengehalt bei insgesamt niedrigem Fusarienbefall keinen Zusammenhang zwischen den Parametern erkennen. Eine Beeinflussung der Fallzahl durch den Ährenbefall mit *Fusarium sp.* lag bei beiden Winterweizensorten nicht vor.

Schlussfolgerung:

Zwischen dem Ährenbefall mit *Fusarium sp.* und der Deoxynivalenolkonzentration existierte sortenunabhängig eine enge Beziehung. Die Backqualität wurde erheblich durch die Sorte geprägt, bei der anfälligen Sorte Bandit führte Fusariumbefall zu einer verminderten Backqualität. Insgesamt führt Fusariumbefall in Winterweizen zu höheren Toxinkonzentrationen und lässt eine verminderte Backqualität erwarten.

Vergleich einer HPLC- und einer ELISA-Methode zur Bestimmung von Deoxynivalenol in Mühlenstäuben, Kleien und Getreide

Valenta, Hana (Braunschweig)¹; Dänicke, Sven; Wolff, Joachim

Einleitung

Im Rahmen eines Forschungsprojekts zur Schadstoffbelastung von Reinigungsabgängen bei der Getreideannahme von Mühlen wurden am Institut für Tierernährung der FAL Braunschweig 365 Proben von Mühlenstäuben, Kleien und Silo-Getreide auf Deoxynivalenol (DON) analysiert. Wegen der hohen Probenzahl wurden die Proben zuerst orientierend mit ELISA (Enzymimmunoassay) analysiert, anschließend wurde in den positiven Proben DON mit einer HPLC (Hochleistungs-Flüssigchromatographie)-Methode bestimmt.

Da ELISA-Bestimmungen schnell und ohne großen apparativen Aufwand durchgeführt werden können, werden sie zunehmend als „vollwertige“ analytische Methoden zur Bestimmung von Mykotoxinen eingesetzt. Die große Zahl an Proben, die im Rahmen des Forschungsprojekts sowohl mit ELISA als auch mit HPLC auf DON analysiert wurden, bot die Möglichkeit zu prüfen, ob mit beiden Methoden vergleichbare Ergebnisse erhalten werden.

Material und Methoden

Material

Es wurden 246 Proben von Mühlenstäuben, 52 Proben von Kleien und 32 Silo-Getreideproben sowohl mit ELISA als auch mit HPLC analysiert. Die Proben stammten vorwiegend aus der Verarbeitung von Weizen, einige aus der Roggenverarbeitung. Bei den Mühlenstäuben handelte es sich um Reinigungsfraktionen, die bei der Getreideannahme der Mühlen anfallen, wie Staub an der Schüttgasse, Anfall durch Transport, Spelzen, Ausputz, Bruchkorn u. a..

Methoden

1. ELISA

Als ELISA wurde Ridascreen Fast-DON (r-Biopharm) eingesetzt. Die Analysen erfolgten in Einfachbestimmung, wobei zur Verbesserung der Präzision 2 Kavitäten pro Probe eingesetzt wurden (nach Original-Vorschrift: 1 Kavität/Probe). In Abstimmung mit dem Test-Hersteller wurde bei der Probenvorbereitung nur mit 50 ml Wasser - statt mit 100 ml wie in der Original-Vorschrift - extrahiert, um eine niedrigere Nachweisgrenze von 0,11 mg/kg zu erreichen (nach Original-Vorschrift: 0,22 mg/kg).

2. HPLC

Extraktion und Clean-up erfolgten nach einer modifizierten Methode des VDLUFA (VDLUFA, 200X).

Extraktion:

¹ eMail: hana.valenta@fal.de

10 g Probe + 100 ml Acetonitril-Wasser (84+16, v+v) 1 h schütteln, filtrieren

Vorreinigung:

- 50 ml des Filtrats mit 50 ml Petrolether vorsichtig schütteln
- Acetonitril-Wasser-Phase mit 5 g Aktivkohle+Aluminiumoxid+Celite (7+5+3, w+w+w)
10 min schütteln, 5 min sedimentieren lassen, filtrieren
- 10 ml des Filtrats mit Ethanol zur Trockne einengen
- Rückstand in 4 ml PEG-(Polyethylenglycol)-Lösung lösen (Ultraschallbad)
- 1,5 ml durch PVDF-Membranfilter (0,45 µm) filtrieren

Clean-up mit IAC (Immunoaffinitätssäulen):

- 1 ml der Probenlösung auf IAC-Säule (DONtestHPLC, VICAM) unter Schwerkraft einziehen lassen
- 3x mit je 2,0 ml H₂O_{bidest} unter leichtem Vakuum spülen, zum Schluss trocken laufen lassen
- mit 4 x 1,0 ml Methanol unter leichtem Vakuum eluieren
- Eluat zur Trockne einengen
- Rückstand in 0,25 ml HPLC-Eluent B aufnehmen (Ultraschallbad)

HPLC-Bedingungen:

Säule: Aqua C18, 5 µm, 250 x 4,6 mm (Phenomenex)
Vorsäule: SecurityGuard C18, 5 µm, 4 x 3 mm (Phenomenex)
Eluent A: Acetonitril 100 %
Eluent B: Acetonitril/Wasser für HPLC (13+87, v+v)
• Gradient: 0 min - Eluent B 100 %; 12 min - Eluent B 100 %; 15 min - Eluent B 5 %; 30 min - Eluent B 5 %; 33 min - Eluent B 100 %; 50 min - Ende
Flussrate: 1 ml/min
Aufgabevolumen: 50 µl
Säulentemperatur: 40°C
Detektor: DAD, ? = 190-300 nm, Quantifizierung bei 218 nm
t_R von DON: ca. 7,5 min

Ergebnisse und Diskussion

HPLC-Methode

Als HPLC-Methode wurde die Methode des VDLUFA (VDLUFA, 200X) zur Bestimmung von DON in Getreide und deren Verarbeitungsprodukten sowie in Futtermitteln eingesetzt. Sie wurde in einigen Punkten mit dem Ziel einer schnelleren und einfacheren Durchführung mit weniger Lösungsmitelesatz verändert. So wurden 10 g Probe mit 100 ml Extraktionsgemisch extrahiert (statt 10-25 g mit 200 ml), es wurde nur 1 Stunde geschüttelt, danach wurden 50 ml des Extraktes mit 50 ml Petrolether geschüttelt (statt 100 ml mit 100 ml). Zur schnelleren Durchführung trug vor allem das Einengen eines wesentlich niedrigeren Volumens des Wasserhaltigen Filtrats nach der Reinigung mit der Aktivkohle-Mischung.

Es hat sich gezeigt, dass die IAC-Säulen bei Aufgabe von stärker Matrix-belasteten Extrakten DON nur unvollständig zurückhalten. Deshalb wurde generell nur ein

Äquivalent von 0,25 g Probe auf eine IAC-Säule aufgetragen. Bei reinem Getreide kann zur Erhöhung der Nachweisempfindlichkeit ein höheres Äquivalent der Probe aufgegeben werden. Die Wasch- und Elutionslösungen wurden mit Hilfe von leichtem Vakuum statt Druck durch die Säulchen gedrückt. Das hatte den Vorteil, dass – bei Verwendung einer zur Festphasen-Extraktion geeigneten Vakuum-Anlage - mehrere Proben gleichzeitig aufgearbeitet werden konnten.

Die HPLC-Messung erfolgte auf einer besonders für wäßrige Eluenten geeigneten Säule

(Aqua, Phenomenex), mit der aufgrund der schmalen Peakform eine sehr gute Peakabtrennung und hohe Empfindlichkeit erreicht wurden. Um die Standzeit der Säule zu verlängern, wurde bei jeder Messung nach der DON-Elution ein Gradient zur Reinigung der Säule gefahren.

Die Nachweisgrenze der Methode liegt je nach Matrix bei 0,03-0,05 mg/kg. Die Wiederfindungsraten betrugen 90 % bei Weizen, 102 % bei Kleie und 98 % bei Getreidestaub. Die Methode wurde in einem vom VDLUFA organisierten Ringversuch zur DON-Analytik in Getreide und Futtermitteln geprüft. Die von unserem Labor im Rahmen des Ringversuchs gemessenen DON-Gehalte lagen bei allen drei analysierten Proben (Weizen, Mais, Schweinefutter) innerhalb der im Ringversuch ermittelten Vergleichsstandardabweichungen.

Vergleich HPLC-ELISA

Wie in Abb. 1-3 zu sehen ist, wurden mit ELISA in der Regel höhere DON-Gehalte gemessen als mit HPLC. Besonders groß war der Unterschied bei Kleie; hier wurden mit ELISA teilweise mehr als doppelt so hohe DON-Gehalte ermittelt als mit HPLC (siehe Abb. 2). Auch R^2 war bei Kleie mit 0,3682 am niedrigsten. Die beste Übereinstimmung wurde bei Stäuben mit $R^2 = 0,6845$ erreicht, jedoch war der Achsenabschnitt mit 0,642 sehr hoch (siehe Abb. 3).

Die mit ELISA gemessenen höheren Gehalte könnten teilweise darauf zurückgeführt werden, dass der verwendete Test nicht zwischen DON und 3-Acetyl-DON unterscheidet. Die bessere Übereinstimmung bei Stäuben als bei Getreide könnte einerseits an der höheren Probenzahl im Falle von Stäuben liegen, andererseits an den wesentlich höheren DON-Gehalten in Stäuben. Da Proben mit DON-Gehalten über 3 mg/kg bei der eingesetzten Probenaufbereitung für den ELISA verdünnt werden mußten, deutet die schlechtere Übereinstimmung bei niedrigen Gehalten auf Matrixeffekte beim ELISA, die beim Verdünnen der Proben abnehmen. Auch die mit ELISA gemessenen zu hohen DON-Gehalte in Kleie könnten auf Matrixeffekte zurückgeführt werden. Möglicherweise wurden die Matrixeffekte durch die hier verwendete Probenvorbereitung verstärkt, da die auf die Platte aufgetragenen Extrakte zur Verbesserung der Nachweisempfindlichkeit – wie im Abschnitt °Methoden° beschrieben - doppelt so hoch konzentriert waren als in der Original-Vorschrift für den DON-ELISA-Test.

Prinzipiell stimmt der in der vorliegenden Arbeit beobachtete Trend, dass mit ELISA im Vergleich zu HPLC höhere DON-Gehalte gemessen werden, mit den Ergebnissen von zwei Ringversuchen zur DON-Bestimmung (KRSKA et al. 2001)

überein. Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass der verwendete ELISA-Testkit zum Screening von Getreidestaub-, Kleie- und Getreideproben auf DON geeignet ist, zur genauen Bestimmung jedoch eine HPLC-Methode nicht ersetzen kann.

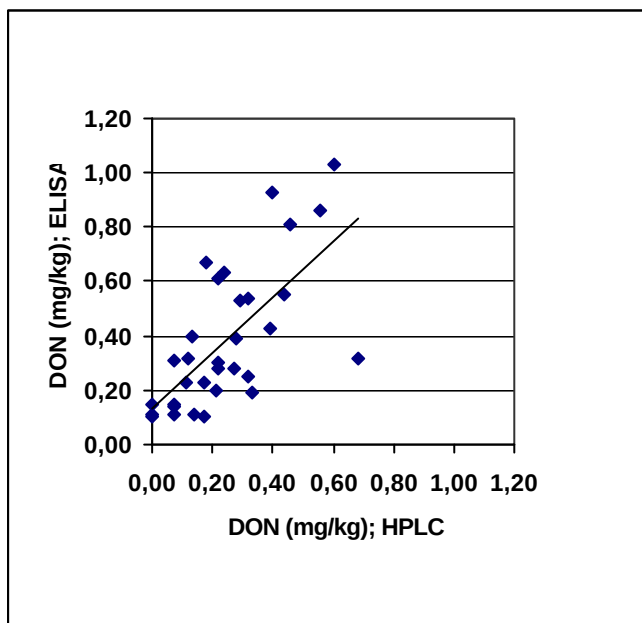


Abbildung 1: Vergleich der mit HPLC und ELISA gemessenen DON-Gehalte im Silo-Getreide; Gleichung der Regressionsgeraden: $y = 1,025x + 0,135$; $R^2 = 0,4668$

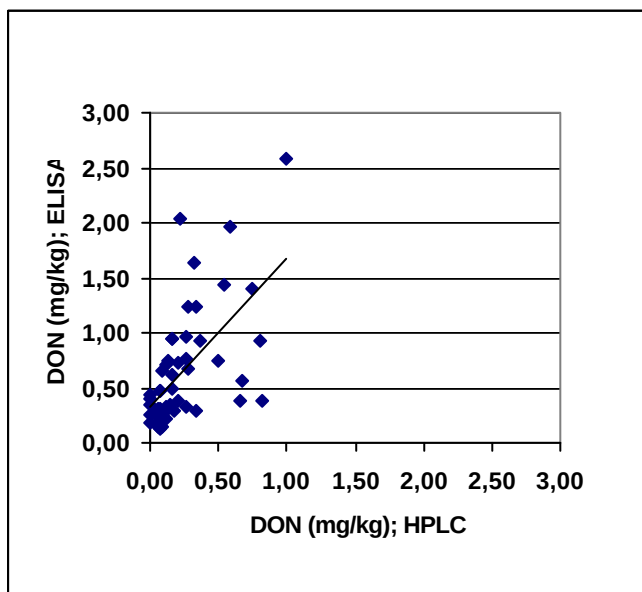


Abbildung 2: Vergleich der mit HPLC und ELISA gemessenen DON-Gehalte in Kleie; Gleichung der Regressionsgeraden: $y = 1,332x + 0,333$; $R^2 = 0,3682$

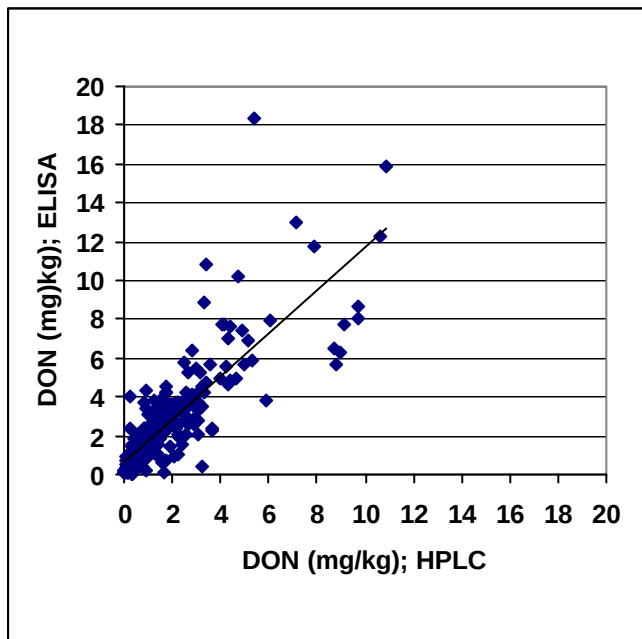


Abbildung 3: Vergleich der mit HPLC und ELISA gemessenen DON-Gehalte in Mühlenstäuben; Gleichung der Regressionsgeraden: $y = 1,103x + 0,642$; $R^2 = 0,6845$

Literatur

VDLUFA (200X): VDLUFA-Methodenbuch III – 5. Ergänzung 200X, VDLUFA-Verlag, Darmstadt

KRSKA, R., BAUMGARTNER, S. and JOSEPHS, R. (2001): The state-of-the-art in the analysis of type-A and -B trichothecene mycotoxins in cereals. *Fresenius J. Anal. Chem.* 371: 285-299.

Amylasen- und Proteasen-Aktivität in Winterweizen nach Fusarienbefall

Wang, Jinhua (Göttingen); Lege, Andreas; Wolf, Gerhard A.; Pawelzik, Elke¹:

Fusarienbefall von Winterweizen kann in Abhängigkeit vom Befallsgrad die Verarbeitungseigenschaften von Weizenerntegut erheblich beeinträchtigen. Dies ist vor allem begründet durch die Stoffwechseltätigkeit der Fusarien, indem sie in das Getreidekorn eine Reihe von extrazellulären Enzymen ausscheiden, um Inhaltsstoffe abzubauen und für sich selbst verfügbar zu machen.

Material und Methoden

In Erntegut von Winterweizen von sechs Sorten an drei Standorten sowie einer Sorte von einem Standort (künstliche Infektion mit *F. culmorum* bzw. *F. graminearum*) mit unterschiedlichem Befallsgrad (Bonitur des Ährenbefalls oder Menge der Pilzproteineinheit [PPE] in Weizenmehlproben) wurde die Aktivität von extrazellulären Enzymen, die an der Penetration der pflanzlichen Zellwand und dem Abbau von Inhaltsstoffen im Korn beteiligt sind, ermittelt sowie Teig- und Backeigenschaften (Mikrobackversuch) bestimmt.

Methoden: Standardmethoden für Getreide, Mehl und Brot (1999) sowie

- Alpha-Amylase: Wirth u. Wolf (1992), ICC-Standard Nr. 303, ICC-Standard Nr. 108
- Proteasen: Wirth u. Wolf (1992), BIOQUANT® Protease (Merck)
- Quantifizierung des Fusarienbefalls: (Al-Kubrusli, 2000)
- Mikrobackversuch: Kieffer et al. (1993)

Ergebnisse und Diskussion

Es konnte nachgewiesen werden, dass vor allem in künstlich infizierten Proben der Befallsgrad mit der Aktivität der Amylasen korrelierte (Bild 1).

Es wurden hierzu zwei Methoden miteinander verglichen: für die Bestimmung der Amylaseaktivität die ICC-Standardmethode 303 (Substrat: p-Nitrophenyl-Maltoheptasoid) sowie die Methode nach Wirth und Wolf (1992) (Substrat: CM-Stärke-Remazol-Brilliant-Blue). In nichtbefallenen Proben wurden bei der Amylaseaktivität keine deutlichen Unterschiede zwischen beiden Methoden gefunden. Dagegen wurden in künstlich infiziertem Weizen mittels Methode von Wirth und Wolf um bis zu 30% höhere Extinktionswerte im Vergleich zur ICC-Standardmethode ermittelt. Der Befallsgrad wurde durch die Ermittlung der Amylaseaktivität nach Wirth und Wolf gut widerspiegelt; der Korrelationskoeffizient betrug 0,904***, während die Korrelation zwischen Befallsgrad und Amylaseaktivität, ermittelt nach ICC 303, geringer und nicht signifikant war. Ähnliche Resultate wurden auch bei Anwendung der ICC-Standardmethode 108 (Substrat: Grenzdextrine) ermittelt.

Diese Proben wurden aufgrund ihres Befalls in drei Stufen eingeteilt und hinsichtlich ihrer Teig- und Backeigenschaften untersucht. Während die Wasseraufnahmefähigkeit infolge des Befalls sich kaum veränderte, nahm die Teigstabilität deutlich ab bzw. die Teigerweichung entsprechend zu. (Tabelle 1). Die ermittelten Volumenausbeuten spiegelten die verschlechterten Backeigenschaften nicht deutlich wider; allerdings führte eine zunehmende Breite der Gebäckstücke

¹ eMail: epawelz@gwdg.de

tendenziell zu flacheren Gebäcken, die stark gebräunte grobporige Oberflächen aufwiesen. Dies ist insbesondere auf einen erhöhten Gehalt an reduzierenden Zuckern zurückzuführen, die infolge der Alpha-Amylase-Tätigkeit vermehrt gebildet werden und während des Backprozesses aufgrund der ablaufenden Maillard-Reaktion zur Bildung dunkel gefärbter Melanoidine beitragen (Belitz et al., 2001).

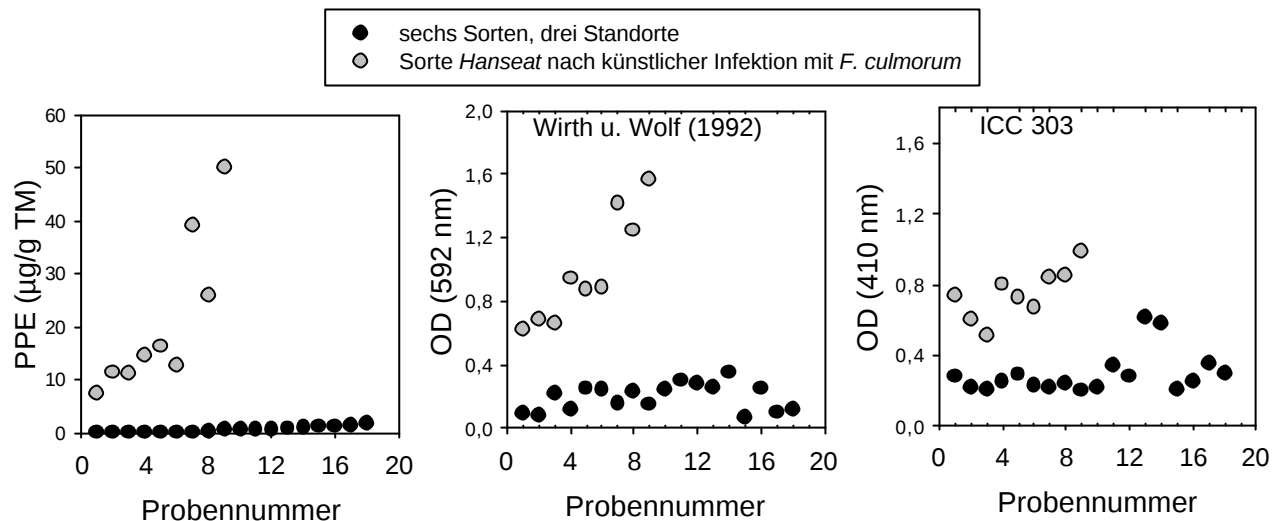


Bild 1: Fusarienbefall und Alpha-Amylase-Aktivität

Tabelle 12: Teig- und Backeigenschaften von Weizen nach künstlicher Infektion mit *Fusarium culmorum* (cv. *Hanseat*)

Parameter	Befallsstufe I (7,29...11,34 µg PPE/g TM)	Befallsstufe II (12,69...16,20 µg PPE/g TM)	Befallsstufe III (25...49,95µg PPE/g TM)
Wasseraufnahmefähigkeit (%)	63,3±2,3	63,1±1,7	64,1±1,5
Teigstabilität (min)	2,40±0,55	1,83±0,12	0,98±0,38
Teigerweichung (VE)	197±22	232±13	267±10
Gebäckvolumen (ml/100g)	260±2	274±8	277±4
Höhe : Breite : Länge des Gebäckstückes (mm)	20,4 : 31,3 : 65,5	20,1 : 30,4 : 67,2	19,2 : 33,1 : 68,0

Die Proteaseaktivität wurde an Weizenerntegut ermittelt, das im Freiland durch künstliche Inokulation mit *Fusarium graminearum* infiziert worden war. Für die Bestimmung der Proteaseaktivität wurden ein Protease-Test (Merck) (Substrat: resorufin-konjugiertes Casein) sowie eine Methode von Wirth und Wolf (1992) (Substrat: Gelatin-Remazol-Brilliant-Blue) verglichen. Beide Methoden wiesen mit

zunehmendem Befall eine ansteigende Proteaseaktivität nach, wobei die Methode nach Wirth und Wolf wesentlich empfindlicher reagierte, was hauptsächlich auf die unterschiedlichen Substrate zurückzuführen war (Tabelle 2).

Tabelle 13: Qualitätsmerkmale von Weizenerntegut nach künstlicher Infektion mit *Fusarium graminearum* (cv. Hanseat)

Parameter	Befallsstufe ($\mu\text{g PPE/g TM}$)		
	I (15,66)	II (69,66)	III (125,82)
Protease-Aktivität nach Wirth u. Wolf (1992) (OD 592)	0,15	0,48	0,70
Protease-Aktivität nach Merck-Test (OD 550)	0,04	0,14	0,24
Fallzahl (s)	348	390	380
Teigeigenschaften Wasseraufnahmefähigkeit (%) Teigstabilität (min)	57,6 1,0	60,6 0,7	61,4 0,3
Gebäckvolumen (Mikrobackversuch) (ml/100g Mehl)	290	230	210

Die Untersuchung der Teig- und Backeigenschaften ergab ebenfalls sich verschlechternde Teigeigenschaften mit zunehmendem Befall. Im Unterschied zu den in Tabelle 1 aufgeführten Gebäckvolumina wurden bei den in Tabelle 2 gezeigten Ergebnissen deutlichere Unterschiede zwischen den Befallsstufen ermittelt. Die aus befallenen Proben hergestellten Gebäcke wiesen aufgrund des Protein- und Stärkeabbaus ein geringes Volumen und eine ungenügende Form, verbunden mit einer grobporigen Oberfläche sowie einer starken Bräunung auf.

Zusammenfassung

Fusarienbefall bei Weizenerntegut führt u.a. zu einem deutlichen Anstieg der untersuchten Enzymaktivitäten und in der Folge zur Beeinträchtigung von Qualitätsmerkmalen und Verarbeitungseigenschaften. Herkömmliche Methoden zur Aktivitätsbestimmung von Alpha-Amylasen und Proteasen können bei infiziertem Getreide aufgrund nicht immer ausreichender Empfindlichkeit nur bedingt aussagefähig sein.

Literatur

- Al - Kubrusli, R, 2000: Entwicklung und Erprobung von Testsystemen zum qualitativen und quantitativen Nachweis phytopathogener Pilze in gelagertem Weizenerntegut. Diss. Univ. Göttingen
- Belitz, H-D, Grosch, W u. P Schieberle, 2001: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Springer-Verlag Berlin
- Kieffer, R, Belitz, H-D, Zweier, M, Ipfelkofer u. R, Fischbeck, G, 1993: Der Rapid-Mix-Test als 10g-Mikrobackversuch. Z Lebensm Unters Forsch 197, 134-136
- Standard Methods of the International Association for Cereal Science and Technology (ICC) 1999, ICC Vienna.

Wirth, SJ u. GA Wolf, 1992: Micro-plate colourimetric assay for endoacting cellulase, xylanase, chitinase, 1,3- β -glucanase and amylase extracted from forest horizons. Soil. Biochem. 24, 511-519

Untersuchung von Mykotoxinen in Futtermitteln Die Bestimmung von Zearalenon mit konventioneller Analytik und ELISA-Technik - ein Methodenvergleich

Hanschmann, Gudrun (Leipzig)¹

1. Einführung

Das Bewußtsein der Mykotoxinproblematik in der Landwirtschaft nimmt stetig zu. Dies drückt sich auch in steigenden Untersuchungszahlen aus, die von den Untersuchungsanstalten abverlangt werden. Da die Analytik von Mykotoxinen aber zeitaufwendig und teuer ist, wird nach preiswerten Alternativen gesucht. Eine Möglichkeit bei großen Probenzahlen ist die ELISA (enzym-linked immunoassay) - Technik. Diese Technik wird in unserem Hause bisher nur für Screeninguntersuchungen zum Feststellen einer Belastungssituation im Rahmen der jährlichen Weizenernte Sachsens genutzt. Ein großer Teil der Proben kommt aber auch aus Mischfutterwerken oder von Bauernhöfen und Tierzuchtbetrieben. Ob man mittels der ELISA-Technik auch Einzelproben im Futterlittelbereich genau genug untersuchen kann, wollten wir am Beispiel der Zearalenonbestimmung überprüfen.

2. Versuchsdurchführung

Es wurden 4 verschiedene Matrices ausgewählt und mit 50, 100 und 500 µg/kg Zearalenon (ZEA) gespikt. Bis auf Weizen enthielten die Matrices bereits geringe Mengen Zearalenon:

Matrix	ZEA (µg/kg) - bestimmt mit HPLC
Weizen (W)	<10
Mais (M)	61
Schweinefutter (SF)	21
Milchleistungsfutter (MLF)	10

Als Methoden kamen die als VDLUFA-Methode vorgesehene Methode mit Immunoaffinitätsreinigung und HPLC-Fluoreszenzdetektion und der ZEA-fast-ELISA-Test der Firma R-Biopharm zum Einsatz. Die Bestimmungsgrenzen der HPLC-Methode und des ELISA-Tests betragen 10 bzw. 50 ppb. Es wurden jeweils 6 komplette Parallelbestimmungen durchgeführt.

Geräte und Chemikalien:

Acetonitril HPLC gradient grade (Merck, Darmstadt)

Reinstwasser- Hauswassersystem Seralpur 90 CN

Filter: Whatmann Nr.4

PBS-Puffer pH-7,4: 8,77g Natriumchlorid, 1,57g Dinatriumhydrogenphosphat und 0,163g Kaliumdihydrogenphosphat werden in einem Liter Reinstwasser gelöst

Immunoaffinitätssäulen: Easy-Extract Zearalenon (Coring System, Gernsheim)

Methanol HPLC gradient grade (Merck, Darmstadt)

HPLC-Gradientensystem (Firma Gynkotec, München)

Fluoreszenzdetektor (Firma Gynkotec, München)

ELISA-Washer (Firma Tecan)

ELISA-Reader Spectra classic (Firma Tecan)

Ridascreen®Fast Zearalenon (Best.-Nr. R5502)(R-Biopharm, Darmstadt)

¹ eMail: gudrun.hanschmann@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

Probenvorbereitung:

Die Untersuchung mittels ELISA-Technik wurde entsprechend der dem Test beigelegten Vorschrift mit folgender Abänderung durchgeführt: anstelle des Waschens von Hand wurde ein kommerzieller Washer eingesetzt.

Die Probenvorbereitung für die HPLC-Untersuchung wurde folgendermaßen durchgeführt:

25 g getrocknetes und auf <1mm gemahlenes Probengut werden mit 125 ml Acetonitril/Wasser 75/25 v/v 1 Std. geschüttelt. Nach Filtration werden 10ml des Extraktes im Maßkolben auf 50 ml mit PBS-Puffer verdünnt. Die Immunoaffinitätsäule wird mit 10ml PBS-Puffer gespült, anschließend gibt man 25 ml der verdünnten Probenlösung auf und spült mit 20ml Reinstwasser nach. Danach wird die Säule trocken geblasen und langsam mit 3 x 0,5 ml Acetonitril eluiert. Anschließend gibt man noch 1,5ml Reinstwasser über die Säule und überführt das gemischte Eluat in ein HPLC-Vial.

HPLC-Bedingungen:

Säule: Prontosil 120-5-C18AQ 5µm, 125x3mm

Fluß: 0,5ml/min

Fließmittel: Acetonitril/Wasser = 1/1 v/v + 0,5% Essigsäure - isokratisch

Injektionsmenge: 100µl

Detektion: Ex: 275nm

Em: 470nm

3. Ergebnisse:

Proben	theoret. Wert	HPLC µg/kg	rel.s %	ELISA µg/kg	rel. s %	WF %
St 66ppb		66		64,40		HPLC/
St 132ppb		132		156,70		ELISA
St 660ppb		660		656,00		
Gerste	0	0		44,11*	24,38	
G+50 mg/kg	50	42,92	6	84,83	19,44	86/170
G+100µg/kg	100	95,04	4,2	165,70	10,87	95/165
G+500µg/kg	500	443,13	2,7	793,98*	6,89	88/158
Mais	61	61,4	7,5	106,09*	22,86	
M+50µg/kg	110	---		271,05	22,56	246
M+100µg/kg	161	---		233,20	17,15	144
M+500µg/kg	561	---		726,01*	6,48	130
Mischfutter	20	20,8	7,2	86,72*	20,93	
FM+50µg/kg	70	64,13	5,4	120,98	32,20	90/172
FM+2	120	103,51	3,1	195,15	20,03	85/189
FM+3	520	441,76	3,1	716,14*	4,80	85/162
Milchleistungsfutter	10	9,6	8,5	99,49*	37,36	
MLF+1	60	50,55	6,7	147,87	27,64	84/245
MLF+2	110	85,22	5,2	175,25	36,70	77/160
MLF+3	510	407,92	4,7	682,19*	8,81	80/167

Werte gemittelt aus 6 Bestimmungen, *aus 4 Bestimmungen

Tab.1: Vergleich der Zearalenonkonzentrationen, ermittelt mit HPLC- und ELISA-Technik

Tabelle 1 zeigt die aus 6 Bestimmungen ermittelten Werte. Dort wo nur 4 Werte zur Mittelung herangezogen wurden, mussten Ausreißer eliminiert werden. In den Spalten "rel. S" ist die Standardabweichung in Prozent für beide Bestimmungsmethoden errechnet. Die letzte Spalte enthält die Wiederfindungen beider Verfahren.

Um auszuschließen, dass die in der HPLC verwendeten Standards von den mitgelieferten des ELISA-Tests abweichen, wurden als erstes die reinen HPLC-Standards auf die Mikrotiterplatte aufgetragen. Die Tabelle (St 66ppb, St132ppb und St660ppb) zeigt eine recht gute Übereinstimmung der Ergebnisse.

In Abb. 1 sind die einzelnen Matrices konzentrationsbezogen in einem Säulendiagramm nebeneinander dargestellt. Der Zusatz von 50µg/kg stellt für den ELISA die Bestimmungsgrenze dar, dennoch wird in allen Fällen ZEA nachgewiesen. Im Vergleich zum Sollwert zeigt sich eine leichte Unterbestimmung beim HPLC- und eine matrixabhängige Überbestimmung beim ELISA-Verfahren.

Während beim Weizen die Werte bei 50 und 100ppb in beiden Verfahren akzeptabel bestimmt werden, ergibt sich bei den beiden Futtermitteln in allen Fällen eine deutliche Überbestimmung beim ELISA-Verfahren. Bei 500ppb bestimmt der ELISA-Test in allen Matrices fast das Doppelte des wahren Wertes.

Die Abb. 2 verdeutlicht diesen Sachverhalt noch einmal an Hand der Wiederfindungsraten, die idealerweise 100% betragen müssten. Hingewiesen werden muss auch noch auf die großen Streuungen der ELISA-Einzelwerte, die sich in Standardabweichungen um ca. 30% bemerkbar machen. Deshalb sollte bei solchen Tests mindestens eine Doppelbestimmung gemacht werden.

4. Schlußfolgerungen:

Aufgrund der großen Streuungen und der Überbestimmung durch den ELISA kann die Aussage bestätigt werden, dass der ELISA für Screeninguntersuchungen in Getreide gut geeignet ist, für Einzeluntersuchungen, eventuell in Zusammenhang mit Grenz-oder Richtwertforderungen zu ungenau ist.

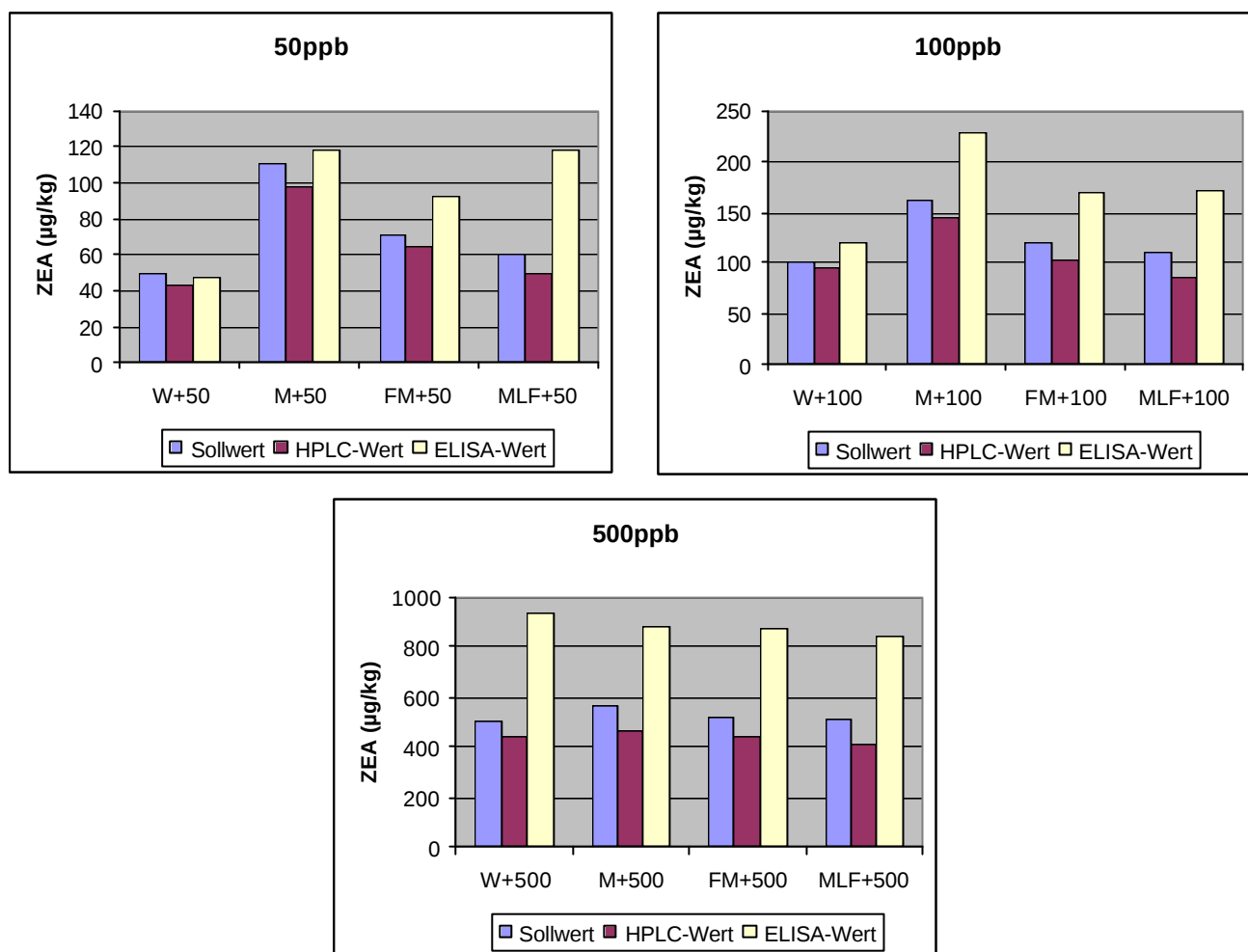


Abb.1: Vergleich der Matrices auf dem jeweiligen Konzentrationsniveau beim HPLC- und ELISA-Verfahren

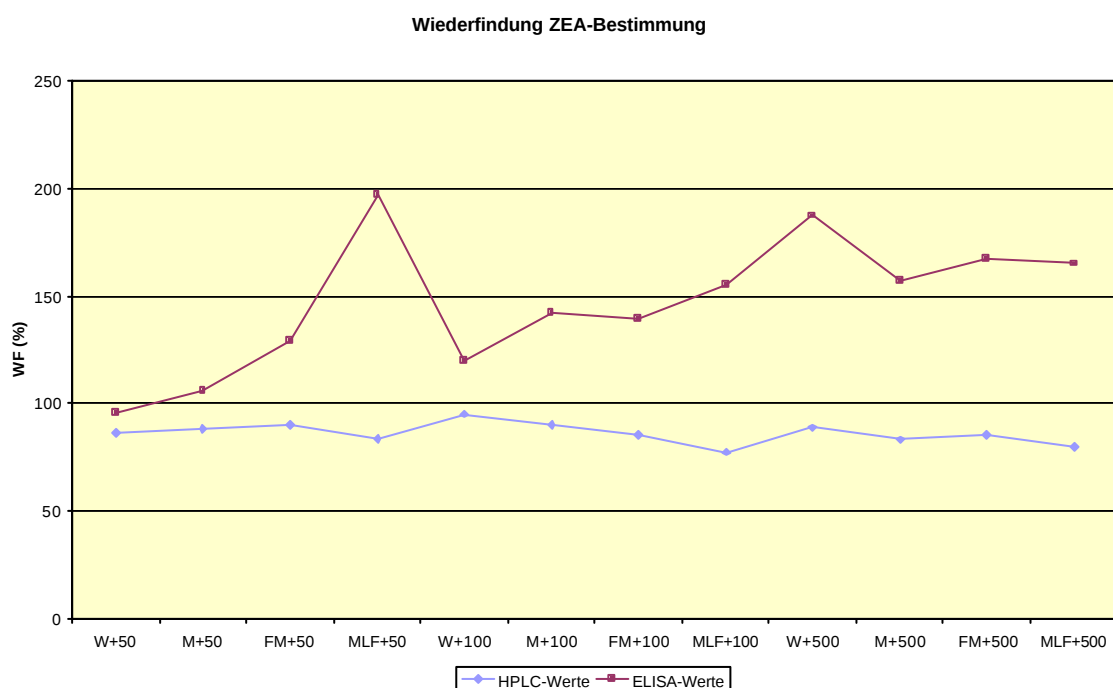


Abb. 2: Wiederfindung der dotierten ZEA-Mengen beim HPLC- und ELISA-Verfahren

Fusarientoxine in Getreide und Futtermitteln

Kirchheim, Ulrich (Jena)¹; Hartung, Horst; Herold, Lothar; Meixner, Bernhard:

Einleitung

Im Getreideanbau haben im letzten Jahrzehnt die Probleme durch Pilzbefall, insbesondere Ährenfusarien, zugenommen. Diese führen zu massiven Qualitäts- und Ertragsverlusten und vermindern die Keimfähigkeit des Saatgutes. Zusätzlich können Mxkotoxine - bedeutsam sind v. a. Deoxynivalenol (**DON**) und Zearalenon (**ZON**) - gebildet werden, welche die Verarbeitungseigenschaften des Getreides (Back-, Malzqualität) [1] sowie die Gesundheit und damit das Leistungspotential landwirtschaftlicher Nutztiere beeinträchtigen [2-4].

Material und Methoden

Von 1998 bis 2001 wurden im Rahmen der Besonderen Ernteterminnung (BEE) insgesamt 1074 Getreide-proben (Winterweizen, Winterroggen, Triticale, Gerste) auf ihren Gehalt an DON und ZON untersucht. Integriert in diese Untersuchungen waren auch Getreidemuster des ökologischen Landbaus (n = 98). Komplettiert wurde das Monitoring in 2001 mit Fusarientoxinanalysen in Futtermitteln (n = 116; Alleinfuttermittel für Sauen und Mastschweine, Sojaextraktionsschrot, Mais/Maisprodukte, Kleien). Die Getreide- bzw. Futtermittelmuster wurden bis zur Analytik bei -18 °C gelagert. Die DON-Analytik erfolgte mittels kompetitivem ELISA (Getreidemuster aus BEE bzw. ökologischem Landbau; Fa. Biopharm, Nachweisgrenze [NWG] - 111 µg/kg) bzw. mittels LC/MS/MS (Futtermittel, NWG - 50 µg/kg) [5]. ZON wurde mittels HPLC mit Fluoreszenzdetektion (Getreidemuster aus ökologischem Landbau, Futtermittel; NWG - 20 µg/kg) bzw. kompetitivem ELISA (BEE-Getreidemuster; Fa. Biopharm, NWG - 50 µg/kg [Erntejahre 1998,1999] bzw. 25 µg/kg [ab Erntejahr 2000]) bestimmt [6].

Ergebnisse und Diskussion

Getreidemuster aus BEE und ökologischem Landbau

Deoxynivalenol

Die Fusarientoxinbelastung des Getreides variiert von Erntejahr zu Erntejahr. Dominierendes Toxin ist dabei DON. Besonders hohe Konzentrationen waren im Erntegut 1998 zu finden. In den Folgejahren zeigte sich diese massive Toxinbelastung nicht.

Unter den Getreidearten sind hauptsächlich im Weizen und in Triticale hohe DON-Gehalte zu erwarten. So wiesen z. B. 1998 jede fünfte Weizenprobe und ca. 40 % der Triticalemuster DON-Konzentrationen von über 1 mg/kg auf. Roggen und Gerste sind dagegen weniger betroffen.

Auch die Getreidemuster (vorwiegend Weizen) aus ökologischem Anbau zeigten insgesamt einen etwas geringeren DON-Kontaminationsgrad (Tabelle).

¹ eMail: u.kirchheim@jena.tll.de

Tabelle: DON in konventionell (BEE) und ökologisch erzeugtem Getreide
(Median, Maximum in mg/kg)

	Ernte 2001 Positive Proben ¹⁾			Ernte 2000 Positive Proben			Ernte 1998 Positive Proben		
	%	Median	Max	%	Median	Max	%	Median	Max
Weizen									
konventionell	40	0,27	1,90	55	0,33	4,60	71	0,61	11,08
ökologisch	23	0,14	0,52	nicht untersucht			54	0,46	4,02
Triticale- konv.	60	0,76	2,70	67	0,49	5,00	75	1,55	13,50
Roggen- konv.	24	0,16	0,34	6	0,37	0,96	34	0,23	2,94
Gerste - konv.	51	0,16	0,95	23	0,15	0,85	nicht untersucht		

¹⁾ oberhalb der Nachweisgrenze von 111 µg/kg

Zearalenon

Nennenswerte ZON-Kontaminationen waren kaum feststellbar, bedenkliche Gehalte (größer 0,25 mg/kg) die Ausnahme. Dies gilt ohne Einschränkungen für alle Erntejahre, die untersuchten Getreidearten sowie für beide Anbauverfahren (konventionell, ökologisch).

Futtermittel-Monitoring

Die Ergebnisse des Futtermittel-Monitorings folgen den Befunden aus BEE und ökologischer Erzeugung. Kritische DON-Gehalte (größer 1 mg/kg) waren nur vereinzelt (Alleinfutter Mastschweine, Mais/Maisprodukte) zu finden (Abbildung).

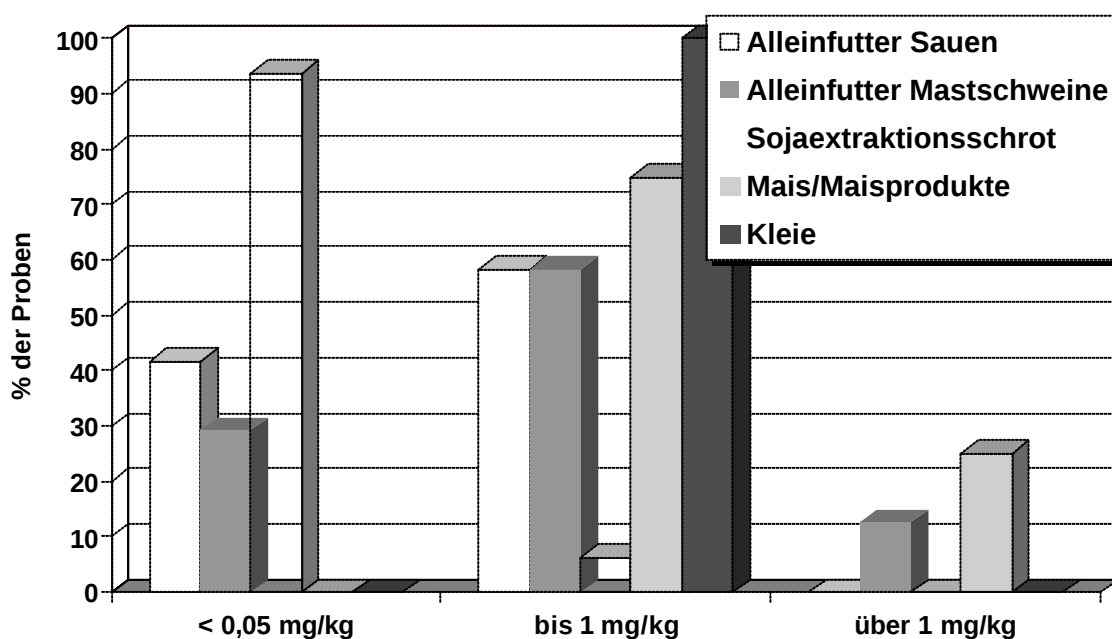


Abbildung: DON in Futtermitteln (n = 116)

Auch ZON konnte nur in ca. 6 % der untersuchten Futtermittelproben nachgewiesen werden. Erwartungsgemäß waren Mais/Maisprodukte am höchsten kontaminiert (50 % positive Proben, Maximum - 704 µg/kg).

Literatur

- [1] MIELKE, H.; MEYER, D. (1990): Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes 42, 161-170.
- [2] ERIKSEN, G. S.; ALEXANDER, J. (1998): Fusarium toxins in cereals - a risk assessment. Tema Nord, Vol. 502, 115, Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- [3] ROTTER, A. B.; PRELUSKY, D. B. (1996): Toxicology of deoxynivalenol (vomitoxin). J. Toxicol. Environm. Health 48, 1-34.
- [4] DIEKMAN, M. A.; GREEN, M. L. (1992): Mycotoxins and reproduction in domestic livestock. J. Anim. Sci. 70, 1615-1627.
- [5] VDLUFA (im Druck): Methodenbuch VDLUFA Band III (5. Erg.), VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- [6] VDLUFA (1993): Methodenbuch VDLUFA Band III (3. Erg.), VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Amino-N als Komponente des Schädlichen Stickstoffs in Zuckerrübensorten

Hoffmann, Christa (Göttingen)¹

Einleitung

Lösliche Stickstoffverbindungen in der Zuckerrübe beeinträchtigen die Zuckergewinnung in der Fabrik durch Verminderung der Alkalitätsreserve in den Säften, Erhöhung des Melasseanfalls und Verringerung der Weißzuckerqualität infolge von Farbstoffbildung. Sie werden daher als Schädlicher Stickstoff zusammengefasst (Burba 1996). Hauptkomponenten des Schädlichen Stickstoffs sind α -Amino-N, Betain, Nitrat und ein nicht näher identifizierter Rest-N. Als einzige Komponente wird in Deutschland der α -Amino-N stellvertretend für alle löslichen Stickstoffverbindungen in der Rübe bei der Qualitätsbewertung mit der Braunschweiger Formel (Buchholz et al. 1995) berücksichtigt. Durch den züchterischen Fortschritt hat sich die technische Qualität von Zuckerrüben im Laufe der letzten 20 Jahre erheblich verbessert, so dass sich neue Zuckerrübensorten im Vergleich zu älteren Sorten durch einen deutlich geringeren α -Amino-N-Gehalt auszeichnen (Hoffmann & Märlander 2002 a). Es gibt allerdings keine Information über andere N-Komponenten in diesen Zuckerrübensorten, so dass nicht klar ist, ob sich nur der α -Amino-N-Gehalt oder auch die anderen N-Fractionen verringert haben. Es stellt sich die Frage, ob die Beziehung zwischen dem Gehalt an α -Amino-N und löslichem Gesamt-N allgemein gültig ist, oder ob sie durch Faktoren wie Sorte und Umwelt beeinflusst wird.

Material und Methoden

Es wurden Breiproben von 42 Zuckerrübensorten auf insgesamt 16 Standorten der offiziellen Sortenversuche des Bundessortenamtes und IfZ (WPII/LNS, WPR/RSV) in 2000 und 2001 genommen. Die Standorte waren im Hinblick auf Boden und Witterung repräsentativ für die Zuckerrübenanbauggebiete in Deutschland. Die Sorten wurden anhand der α -Amino-N-Analysen ausgewählt, dabei wurden neben Verrechnungs- und Vergleichssorten zusätzlich noch nicht als Sorten zugelassene Genotypen mit extrem hohem bzw. niedrigem Amino-N-Gehalt beprobt. In aluminiumsulfatgeklärten Rübenbreidigeraten wurde der lösliche Gesamt-N nach trockener Dumas-Veraschung, α -Amino-N nach der fluorometrischen OPT-Methode (Burba & Georgi 1995/76), Betain colorimetrisch nach Storey & Wyn Jones (1977) und Nitrat mit einer ionenselektiven Elektrode (Milham et al. 1970) bestimmt. Der Rest-N ergibt sich kalkulatorisch aus der Differenz zwischen dem löslichen Gesamt-N minus Amino-N, Betain und Nitrat.

Ergebnisse

Im Mittel der Zuckerrübensorten hatte der α -Amino-N einen Anteil von 30 % am löslichen Gesamt-N, genauso wie Betain. Nitrat machte 5% aus, während Rest-N mit 35 % die größte Fraktion des löslichen Gesamt-N war (Abb. 1).

Der α -Amino-N Gehalt der Sorten differenzierte von 5 bis 23 mmol 1000 g⁻¹ Rübe, der Gehalt an löslichem Gesamt-N von 22 bis 71 mmol 1000 g⁻¹ Rübe (Abb. 2 links).

¹ eMail: hoffmann@ifz-goettingen.de

Auf Grund der Vielzahl der Proben und der großen Spannbreite der Gehalte gab es eine enge Beziehung zwischen diesen beiden Größen mit einem $r^2 = 0,90$ ***. Bei einer Erhöhung des löslichen Gesamt-N-Gehaltes um $1 \text{ mmol } 1000 \text{ g}^{-1}$ stieg der α -Amino-N-Gehalt im Mittel aller Sorte um $0,37 \text{ mmol } 1000 \text{ g}^{-1}$ an. Allerdings gab es im Einzelfall auch Abweichungen von dieser insgesamt engen Beziehung. So waren bei $9 \text{ mmol } \alpha\text{-Amino-N } 1000 \text{ g}^{-1}$ Rübe Sorten mit einem Gehalt an löslichem Gesamt-N von 25 als auch $43 \text{ mmol } 1000 \text{ g}^{-1}$ zu finden.

Die Zusammensetzung des löslichen Gesamt-N war über die Sorten und Standorte nicht konstant. Der Anteil α -Amino-N am löslichen Gesamt-N, der im Mittel der Sorten 30 % betrug, variierte in Abhängigkeit vom α -Amino-N-Gehalt beträchtlich (Abb. 2 Mitte). Bei einem α -Amino-N-Gehalt von $6 \text{ mmol } 1000 \text{ g}^{-1}$ hatte der α -Amino-N einen Anteil von 18 % am löslichen Gesamt-N, bei einem α -Amino-N-Gehalt von $26 \text{ mmol } 1000 \text{ g}^{-1}$ Rübe einen Anteil von 36 %. Dabei spielte es keine Rolle, ob der α -Amino-N-Gehalt durch den Einfluss des Standortes oder der Sorte verändert war. Das bedeutet, dass mit zunehmendem α -Amino-N-Gehalt auch der Anteil α -Amino-N am löslichen Gesamt-N anstieg.

Der Anteil α -Amino-N am löslichen Gesamt-N stand in Beziehung zum Anteil an Betain (Abb. 2 rechts). Bei Erhöhung des Anteils α -Amino-N sank der Anteil Betain am löslichen Gesamt-N ab. Sorten, die einen geringen Anteil Amino-N hatten, wiesen dafür einen höheren Anteil Betain auf. Die Anteile einzelner N-Komponenten waren demnach nicht konstant.

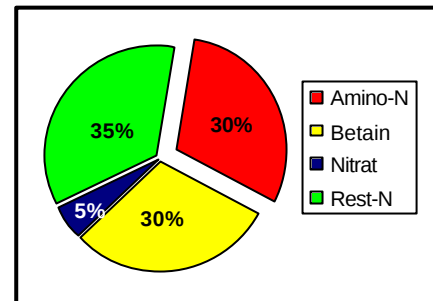


Abb. 1: Mittlere Zusammensetzung des löslichen Gesamt-N bei Zuckerrüben (42 Sorten, 16 Standorte, 2000/01)

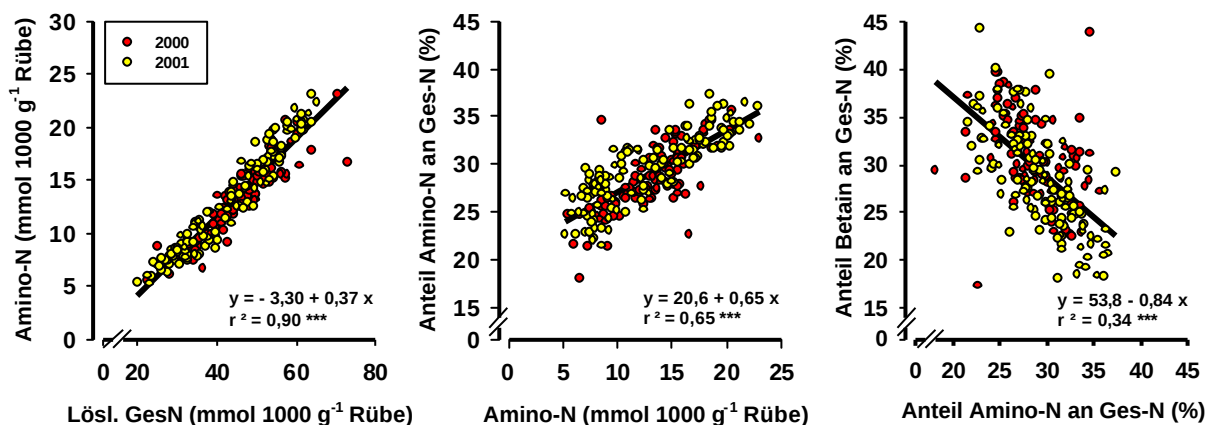


Abb. 2: Beziehung zwischen dem Gehalt an α -Amino-N und löslichem Gesamt-N (links), dem Anteil α -Amino-N und dem α -Amino-N-Gehalt (Mitte), sowie dem Anteil Betain und dem Anteil α -Amino-N am löslichen Gesamt-N (rechts) bei Zuckerrüben, 42 Sorten, 16 Standorte, 2000/01

Diskussion

Der α -Amino-N-Gehalt in Zuckerrüben wird als repräsentativ für alle löslichen N-Komponenten in der Rübe angesehen und bei der Qualitätsanalyse berücksichtigt. Wie die Ergebnisse zeigen, besteht eine enge Beziehung zwischen dem Gehalt an α -Amino-N und an löslichem Gesamt-N in Zuckerrüben. Allerdings kann es im

Einzelfall auch erhebliche Abweichungen davon geben, da nicht alle Sorten die gleiche Beziehung zwischen dem Gehalt an α -Amino-N und löslichem Gesamt-N aufwiesen.

Aus diesen Ergebnissen geht hervor, dass der Anteil α -Amino-N am löslichen Gesamt-N etwas geringer ist als bei Burba (1996) beschrieben, allerdings hat sich seitdem das Sortenmaterial geändert und es wurde in diesen Untersuchungen eine geringere Anzahl Sorten auf nur einem Standort untersucht. Für die Qualitätsbewertung wird angenommen, dass der Anteil α -Amino-N am löslichen Gesamt-N konstant ist und damit repräsentativ für die löslichen N-Verbindungen stehen kann. Der Anteil α -Amino-N am löslichen Gesamt-N stieg jedoch mit dem α -Amino-N-Gehalt an. Auf der anderen Seite wiesen Sorten mit geringem α -Amino-N-Anteil einen hohen Anteil Betain auf. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass Betain weitaus weniger auf Umwelteinflüsse wie z.B. steigendes N-Angebot reagiert als α -Amino-N (Hoffmann & Märländer 2002 b). Das bedeutet, dass die Zusammensetzung des löslichen Gesamt-N bei Zuckerrüben unterschiedlich sein kann, da sie weder für eine Sorte unter wechselnden Umweltbedingungen (z.B. steigendes N-Angebot) noch zwischen verschiedenen Sorten konstant ist.

Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass bei Zuckerrüben nicht in jedem Fall sicher vom α -Amino-N-Gehalt auf den Gehalt an löslichem Gesamt-N geschlossen werden kann. Die Einbeziehung weiterer N-Verbindungen würde die Bewertung der Qualität von Zuckerrüben wahrscheinlich verbessern. Der α -Amino-N hat jedoch trotz der genannten Einschränkungen von allen N-Komponenten die beste Beziehung zum löslichen Gesamt-N. Zudem ist er die einzige N-Verbindung, die sich in der Routine der Zuckerfabriken im Minutentakt analysieren lässt. Für die anderen N-Komponenten gibt es bisher noch keine Methode, die in die Routineanalyse integriert werden kann.

Danksagung

Diese Projekt wird durch den Forschungskreis der Ernährungsindustrie (FEI), Bonn, gefördert.

Literatur

- Buchholz, K., Märländer, B., Puke, H., Glattkowski, H. & Thielecke, K. 1995: Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. Zuckerind. 120, 113-121.
- Burba, M. 1996: Der Schädliche Stickstoff als Kriterium der Rübenqualität. Zuckerind. 121, 165-173.
- Burba, M. & Georgi, B. 1975/76: Die fluorometrische Bestimmung der Aminosäuren in Zuckerrüben und Zuckerfabriksprodukten mit Fluoreszamin und o-Phthalaldehyd. Zuckerind. 25, 667-673, und 26, 322-329.
- Storey, R. & Wyn Jones, R.G. 1977: Quaternary ammonium compounds in plants in relation to salt resistance. Phytochemistry 16, 447-453.
- Hoffmann, C. & Märländer, B. 2002 a: Züchterischer Fortschritt in Ertrag und Qualität von Zuckerrüben. Zuckerind. 127, 425-429.
- Hoffmann, C. & Märländer, B. 2002 b: Einfluss von Genotyp und Umwelt auf die Zusammensetzung des Schädlichen Stickstoffs in Zuckerrüben. Zuckerind. 127, (im Druck).
- Milham, P.J., Awad, A.S., Paull, R.E. & Bull, J.H. 1970: Analysis of plants, soils and waters for nitrate by using an ion-selective electrode. Analyst 95, 751-757.

Einfluss der Kalium-Düngerform auf Stärkegehalt und Kochtyp bei Speisekartoffeln

Dersch, Georg (Wien)¹; Mechtler, Klemens

Einleitung und Problemstellung

Die Kaliumdüngung ist wegen des hohen Bedarfes und Entzuges eine allgemein übliche Maßnahme im Kartoffelbau. Kalium beeinflusst den Wasserhaushalt positiv und fördert den Knollenertrag, zugleich ist eine ausreichende Kaliumversorgung sowohl für die Lagerfähigkeit als auch für die Speisequalität (Geschmack) von Bedeutung. Vor allem bei trockener Sommerwitterung und starker Sonneneinstrahlung hat sich jedoch öfters gezeigt, dass der Stärkegehalt von Speisekartoffelsorten merklich angehoben wird und somit der bei der Sortenzulassung aufgrund der Speisewertprüfung eingestufte Kochtyp vom festkochenden bzw. vorwiegend festkochenden in den nicht gewünschten mehligeren Bereich verschoben werden könnte. Nachdem hinlänglich bekannt ist, dass erhöhte Chloridkonzentrationen in der Pflanze den Kohlenhydratstoffwechsel beeinträchtigen – der Abtransport der Assimilate aus den Blättern in die Knollen wird vermindert und führt zu einem geringeren Stärkegehalt –, besteht daher die begründete Vermutung, dass durch die Ausbringung von chloridhaltigen K-Düngern unmittelbar vor dem Pflanzen im Frühjahr der Kochtyp in Richtung festkochend beeinflussbar ist. In der Praxis wurde diese K-Düngerform bislang nur im Herbst appliziert, weil Chlorid über den Winter größtenteils aus dem unmittelbaren Wurzelbereich in tiefere Bodenschichten verlagert, Kalium hingegen am Sorptionskomplex in austauschbarer Form gebunden wird.

In Versuchen wurde daher der Frage nachgegangen, ob und in welchem Ausmaß chloridhaltige K-Dünger neben dem Stärkegehalt und dem Ertrag auch den Kochtyp von Speisekartoffeln beeinflussen können.

Material und Methoden

Zur Klärung dieser Fragestellung wurden 1998 und 1999 in 3 unterschiedlichen Regionen je ein Versuch (Blockanlage bei 4 Wiederholungen) mit 4 Sorten (*Ditta*, *Exquisa*, *Sieglinde*: jeweils festkochende Speisesorten; *Agria* – mehligkochende Speise- und Verarbeitungssorte) durchgeführt, die beiden geprüften K-Düngerformen wurden mit einer Rate von je 200 kg K/ha unmittelbar vor dem Legen verabreicht. Die Ausbringung der Chloridform erfolgte breitflächig und in Reihendüngung, wobei die Düngerkörner beim Legen einige Zentimeter unterhalb der Pflanzknolle abgelegt werden. Schwefelsaures Kali wurde nur in Reihendüngung geprüft.

Die drei Standorte unterscheiden sich hinsichtlich der Klima- und der Bodenverhältnisse (Tab. 1). Im *Marchfeld* wurde in beiden Jahren insgesamt 25 mm zusätzlich beregnet. Die N-Düngung erfolgte unter Einbeziehung des mineralischen N-Bodenvorrates bis 60 cm und wurde auf einen N-Sollwert von 120 kg ergänzt.

Die Ermittlung des Ertrages, der Sortierung (< 40 mm; 40 – 60 mm; > 60 mm) und des Stärkegehaltes (Unterwassergewicht durch 2 getrennte Wägungen) erfolgte pro Parzelle. Im 1. Jahr wurden pro Variante 2 Speisewertprüfungen (Mischprobe von je

¹ eMail: georg.dersch@bfl.at

2 Wh.) zur Ermittlung des Kochtyps durchgeführt, im 2. Jahr erfolgte nur noch eine Prüfung pro Variante aus einer Mischprobe alle 4 Wiederholungen.

Tabelle 1: Charakteristik der Versuchsstandorte

Versuchsstandorte	Fuchsenbigl	Wieselburg	Zwettl
Region	Marchfeld	Alpenvorland	Waldviertel
Geograf. Lage	30 km östl. von Wien	100 km westl. von Wien	130 km nordwestl. Wiens
Höhe; Regen; Temp.	151 m; 544 mm; 10,0°C	269 m; 881 mm; 9,2°C	518 m; 617 mm; 7,5°C
Humidität/Aridität	schwach semiarid	schwach - mäßig humid	semi - schwach humid
Bodenart, Ton (%)	sandiger Lehm, 22%	lehmgiger Ton, 32%	lehmgiger Sand, 16%
pH (CaCl ₂); Kalk (%)	7,7; 26 %	6,2; 0 %	5,5; 0 %
Org. C; mg K/kg	1,62 %; 149 mg (CAL)	1,72 %; 64 mg (CAL)	1,42 %; 160 mg (DL)
Anbau/Ernte 1998	15.4. / 22.9.	28.4. / 9.9.	29.4. / 25.9.
Anbau/Ernte 1999	12.4. / 14.9.	28.4. / 7.9.	27.4. / 24.9.
Regen IV-IX 1998	21/ 46/ 55/ 92/ 46/131	60/ 34/ 95/210/ 70/118	50/ 71/127/130/ 66/ 75
Regen IV-IX 1999	70/ 62/ 97/ 76/ 70/ 55	66/103/87/137/146/ 47	38/ 63/ 71/146/ 58/ 46
Temp. IV-VIII 1998	11,4/15,0/19,3/20,3/20,3	10,0/14,5/18,1/18,8/18,7	8,0/12,1/15,9/16,8/16,7
Temp. IV-VIII 1999	11,0/15,4/17,8/20,6/18,7	9,6/14,9/16,6/19,3/17,5	7,7/12,4/14,6/17,5/15,5

Für die Beurteilung des Kochtyps wurden entsprechend der von der Europäischen Gesellschaft für Kartoffelforschung (EAPR) vereinbarten Methode handgeschälte Knollen ohne Salzbeigabe und ohne Überdruck gedämpft. Nach dem Garvorgang werden Zerkochungsgrad, Konsistenz (Festigkeit) des Knollenfleisches, Mehligkeit, Feuchtigkeit und Struktur des Kornes mit Noten von 1 bis 4 unter Verwendung von Zwischennoten bonitiert. Die Kochtypausprägung wird als arithmetisches Mittel der Einstufungen der fünf Parameter berechnet und dient als Zuordnungskriterium für die vier international vereinbarten Kochtypen: A (festkochend), B (vorwiegend festkochend), C (mehlig) und D (stark mehlig), wobei für Speisekartoffel die Kochtypen A, B und C relevant sind, während Kochtyp D eigentlich nur bei Stärkesorten vorkommt. Je höher der Wert für die Kochtypausprägung, umso weiter liegt eine Kartoffelprobe oder Sorte im mehligem bzw. stark mehligem Bereich.

Ergebnisse

Mittels Varianzanalyse wurden der Einfluss von Jahrgang, Standort, Sorte und Düngung auf Ertrag, Stärkegehalt und Kochtypausprägung geprüft. Aus den Varianztabelle (Tab. 2) ist ersichtlich, dass erwartungsgemäß neben der Sorte auch der Standort alle geprüften Parameter mit Sicherheit beeinflusst, die unterschiedliche Jahreswitterung übte nur auf den Knollenertrag einen knapp über der Signifikanzschwelle von 5% liegenden Einfluss aus. Ein eindeutiger Effekt der unterschiedlichen K-Düngerformen ist nur auf den Stärkegehalt gegeben, Ertrag und Kochtypausprägung werden davon nicht beeinflusst. Signifikante Wechselwirkungen 1. Ordnung sind zwischen Jahr und Ort, Jahr und Sorte sowie Ort und Sorte gegeben; ein unterschiedlicher Düngungseffekt auf die Ertragsparameter und die Kochtypausprägung war weder in den beiden Versuchsjahren (WW: Jahr – Düngung), noch auf den 3 Standorten (WW: Ort – Düngung), noch bei den 4 Sorten feststellbar (WW: Sorte – Düngung), nur der Stärkegehalt wurde durch die Düngung auf den 3 Standorten (WW: Ort – Düngung) sicher unterschiedlich verändert.

Tabelle 2: Signifikanzen der Haupt- und Wechselwirkungen (WW) 1. Ordnung auf Knollenertrag, Stärkeertrag und -gehalt sowie die Kochtypausprägung aus der Varianztabelle.

Haupt- u. Wechselwirkungen 1. Ordnung	Knollen-Ertrag	Stärke-Ertrag	Stärke-gehalt	Kochtyp-ausprägung
Jahr	0,042	n.s.	n.s.	n.s.
Ort	0,000	0,000	0,000	0,011
Sorte	0,000	0,000	0,000	0,000
Düngung	n.s.	n.s.	0,000	n.s.
Jahr * Ort	0,000	0,000	0,000	0,004
Jahr * Sorte	0,002	0,001	0,004	n.s.
Jahr * Düngung	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ort * Sorte	0,000	0,000	0,049	0,004
Ort * Düngung	n.s.	n.s.	0,000	n.s.
Sorte * Düngung	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Die Ergebnisse im Detail sind in Tab. 3 enthalten, wobei ausgehend vom geringen Jahreseinfluss jeweils die Mittelwerte über beide Jahre und die entsprechenden Grenzdifferenzen angeführt werden:

Tabelle 3: Knollenertrag, Sortierung, Stärkegehalt und Kochtypausprägung der vier Sorten bei unterschiedlichen K-Düngerformen auf 3 Standorten (Mittel von zwei Jahren)

Ort	Marchfeld			Alpenvorland			Waldviertel		
Ertrag (t/ha) GD 95%: 4,2	K-Cl: Reihe	K-SO4: Reihe	K-Cl: breitfl.	K-Cl: Reihe	K-SO4: Reihe	K-Cl: breitfl.	K-Cl: Reihe	K-SO4: Reihe	K-Cl: breitfl.
Ditta	31,2	32,2	30,0	39,2	36,3	40,8	26,7	27,6	26,0
Exquisa	30,4	29,3	30,2	38,2	34,8	37,2	30,4	27,9	32,7
Sieglinde	29,7	31,7	30,7	32,0	29,6	31,2	25,1	25,4	24,5
Agria	38,9	38,2	37,7	40,6	37,1	41,2	34,5	33,8	35,8
Sortierung: klein/mittel/gr oß	K-Cl: Reihe	K-SO4: Reihe	K-Cl: breitfl.	K-Cl: Reihe	K-SO4: Reihe	K-Cl: breitfl.	K-Cl: Reihe	K-SO4: Reihe	K-Cl: breitfl.
Ditta	7/50/44	6/53/40	8/54/39	0/49/51	1/55/44	1/52/47	1/36/63	1/39/60	1/37/62
Exquisa	26/63/11	27/63/10	25/62/13	2/72/25	3/76/21	2/64/34	2/64/34	2/66/32	2/65/33
Sieglinde	25/69/5	25/70/5	22/67/11	1/75/24	1/76/23	1/69/30	2/64/34	2/67/31	2/69/29
Agria	3/40/57	4/48/48	3/41/56	0/35/65	0/38/62	0/33/67	0/15/84	0/15/85	0/14/86
Stärke (%): GD 95%: 0,63	K-Cl: Reihe	K-SO4: Reihe	K-Cl: breitfl.	K-Cl: Reihe	K-SO4: Reihe	K-Cl: breitfl.	K-Cl: Reihe	K-SO4: Reihe	K-Cl: breitfl.
Ditta	13,25	13,35	12,89	14,98	16,46	14,99	13,24	13,50	12,89
Exquisa	15,86	16,21	16,05	17,34	19,38	17,58	15,85	16,85	15,86
Sieglinde	14,68	14,68	14,49	15,89	17,38	15,93	13,96	15,16	14,06
Agria	14,68	14,97	14,08	15,94	17,29	16,11	13,74	14,58	13,68
Kochtyp: GD 95%: 0,43	K-Cl: Reihe	K-SO4: Reihe	K-Cl: breitfl.	K-Cl: Reihe	K-SO4: Reihe	K-Cl: breitfl.	K-Cl: Reihe	K-SO4: Reihe	K-Cl: Breitfl.
Ditta	1,77	1,92	1,65	1,73	1,78	1,69	1,69	1,63	1,66
Exquisa	1,71	1,71	2,12	2,23	2,53	2,21	2,26	2,15	2,06
Sieglinde	2,14	1,88	1,70	1,63	1,75	1,79	1,55	1,57	1,68
Agria	1,78	2,05	1,70	2,43	2,39	2,36	2,04	2,05	2,25

Das **Knollenertragsniveau** war insofern wesentlich vom Standort bestimmt, als höhere Erträge auf dem schwereren Boden bei höheren Niederschlagsmengen im Alpenvorland erzielt werden konnten, niedrigere Erträge waren auf dem leichten Boden im Waldviertel zu verzeichnen. Das Ertragsniveau von *Agria* war im Marchfeld und im Waldviertel deutlich gegenüber den anderen Sorten erhöht, Sieglinde lag überall am niedrigsten. Eine Auswirkung der K-Düngerform auf den Ertrag war nur bei *Ditta* im Alpenvorland und bei *Exquisa* im Waldviertel festzustellen, wobei jeweils mit schwefelsaurem Kalium der Knollenertrag um 4,5 bzw. 4,8 t/ha unter der Variante mit den chloridhaltigen K-Düngern bei breitflächiger Ausbringung blieb.

Bei der **Sortierung** ergaben sich nur vereinzelt tendenzielle Verschiebungen, die zumeist in die gleiche Richtung wiesen: Mit den sulfathaltigen K-Düngern wurde der Anteil der mittleren Knollen geringfügig erhöht, der Anteil größerer Knollen ging dementsprechend zurück (z.B. *Agria* im Marchfeld, *Exquisa* und *Ditta* im Alpenvorland, *Ditta* im Waldviertel).

Der **Stärkegehalt** der Sorten hängt zunächst vom Standort (Boden und Klima) ab, der Einfluss der Düngerform ist im Vergleich dazu etwas geringer. Der erwartete Effekt eines geringeren Stärkegehaltes durch Chloriddünger in Vergleich zur Sulfatform war auf allen Standorten und bei allen Sorten nachweisbar, jedoch in deutlich unterschiedlicher standörtlicher Ausprägung:

Im Marchfeld lagen zwischen den beiden K-Formen fast durchwegs minimale Unterschiede vor, nur bei breitflächiger Anwendung in Chloridform wurde der Stärkegehalt von *Agria* um 0,89% gegenüber der Sulfat-Form signifikant vermindert.

Im Waldviertel wurde der Stärkegehalt bei drei Sorten durch die Chloridform generell signifikant um 0,8 bis 1,2% abgesenkt, nur bei *Ditta* war die Verminderung des Stärkegehaltes nicht so deutlich.

Auf dem schwereren Boden im Alpenvorland bei einem generell höheren Stärkegehaltsniveau ergaben sich die deutlichsten Differenzen: Mit der Ausbringung chloridhaltiger K-Dünger wurde der Stärkegehalt aller Sorten signifikant um 1,2 bis 2,0 % vermindert, zugleich konnten bei diesen Varianten höhere Erträge erreicht werden. Unter diesen Standortverhältnissen wurden somit mit der Chloridform die günstigsten Effekte für die Speisekartoffelproduktion erzielt: Etwas höhere Erträge mit einer deutlichen Verminderung primär standortbedingter relativ hoher Stärkegehalte. Signifikante Unterschiede im Stärkeertrag konnten daher nicht festgestellt werden (Tab. 2).

Die schwachen bis recht markanten Unterschiede im Stärkegehalt durch die K-Düngerform hatten jedoch keine deutlichen, und auch nicht immer den erwarteten Effekt auf den Kochtyp zur Folge, dass nämlich ein niedrigerer Stärkegehalt zumindest tendenziell zu einer niedrigeren (d.h. festkochenden) Kochtypausprägung beiträgt: Eine schwache Auswirkung der Kaliumdüngerform auf den Kochtyp konnte im Marchfeld bei *Ditta* und *Agria* festgestellt werden, wonach der chloridhaltige K-Dünger eine bis um 0,27 bzw. 0,35 niedrigere Kochtypausprägung bewirkte.

Im Alpenvorland war dagegen trotz der großen Unterschiede im Stärkegehalt von bis zu 2 % praktisch keine Veränderung der Kochtypausprägung festzustellen (Variation um 0,03 bis 0,16 Einheiten), bei *Exquisa* kam es zu einer tendenziellen Verschiebung der Kochtypausprägung (+ 0,30) in den mehligeren Bereich durch die K-Sulfatdüngerform.

Auf dem Waldviertler Standort war die Variation der Kochtypausprägung innerhalb der Sorten am geringsten (max. 0,20 Einheiten), es bestand auch tendenziell kein Zusammenhang mit der K-Düngerform.

Zusammenfassung und Folgerungen:

Eine Verringerung des Knollenertrages durch chloridhaltige K-Düngerausbringung im Vergleich zu schwefelsaurem Kalium unmittelbar vor dem Auspflanzen der Kartoffel war nicht gegeben, es kam sogar vereinzelt zu positiven Ertragseffekten durch diese Düngerform, was jedoch zugleich signifikant niedrigere Stärkegehalte zur Folge hatte.

Eindeutig bestätigt wurde, dass chloridhaltige K-Dünger unmittelbar vor dem Pflanzen in jedem Fall stärkegehaltsmindernd wirken und in der Stärkekartoffelproduktion unbedingt vermieden werden müssen. Mit sulfathaltigen K-Düngern wurde vereinzelt der Anteil der mittleren Knollen geringfügig erhöht, der Anteil größerer Knollen ging entsprechend zurück.

Die Auswirkung des chloridhaltigen Kaliumdüngers auf die Kocheigenschaften war zusammenfassend betrachtet in nur geringem Ausmaß gegeben bzw. zumeist nicht feststellbar. Die Bedeutung der Kaliumchloriddüngung für die eingangs vermutete Verschiebung des Kochtyps in Richtung „festkochend“ sollte daher nicht zu hoch eingeschätzt werden. Der Kochtyp ist primär ein Sortencharakteristikum, wobei Sorten mit geringerem Stärkegehalt überwiegend die Kochtypen A oder B und stärkereiche bzw.- reiche Sorten die Kochtypen C oder D aufweisen. Boden- und Witterungseinfluss, Nährstoffversorgung, Wahl des Erntezeitpunktes usw. wirken modifizierend auf den Stärkegehalt. Auch die Kochtypausprägung von unterschiedlichen Partien ein und derselben Sorte kann daher Schwankungen aufweisen. Neben dem Stärkegehalt wirken jedoch auch Zellwand- und Gerüstsubstanzen und das Verhältnis zwischen Stärke- und Proteingehalt auf die Kocheigenschaften ein.

Bemerkenswert – wenn von dem einen Ausreißerwert bei Sieglinde von 2,14 abgesehen wird - erscheint abschließend, dass bei den Sorten, die in der Vergangenheit (Sieglinde) bzw. derzeit (Ditta) eine langdauernde und hohe Marktbedeutung bei den festkochenden Speisesorten hatten und haben, die Kochtypausprägung über die unterschiedlichen Standorte und Düngerformen nur eine relativ geringe Spannweite von etwa 0,30 Einheiten aufwies und somit sehr stabil innerhalb des eingestuften Kochtypbereiches blieb.

Einfluss unterschiedlicher Kali-Versorgung auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln

Orlovius, Kristian (Kassel)¹

Einleitung

Der durchschnittliche Verbrauch an Kalium hat sich in Deutschland in den letzten 20 Jahren von 95 auf ca. 30 kg/ha K₂O reduziert. Der Kalium-Vorrat im Boden ist als Folge davon in vielen Regionen rückläufig. Vor diesem Hintergrund sollte in einer zusammenfassenden Auswertung der Einfluss unterschiedlicher K-Versorgung auf Ertrag und Qualität der als Kalium-bedürftig geltenden Kultur Kartoffel untersucht werden.

Material und Methoden

Dazu wurden Ergebnisse aus K-Steigerungsversuchen (4 randomisierte Wiederholungen) der Jahre 1990-2001 herangezogen, die einerseits aus einjährigen Versuchen, die direkt zur Kartoffel angelegt wurden, und andererseits aus langjährigen K-Eichversuchen mit Kartoffeln in der Fruchtfolge stammen. Die Versuche wurden vornehmlich auf leichten (ca. 75%) und mittleren Böden durchgeführt. Die Kalium-Düngung erfolgte in der Regel in sulfatischer Form, meist in einer Abstufung mit 4 K-Varianten von 0-100-200-300 kg K₂O/ha. Die Ernterückstände der Vorfrucht verblieben überwiegend auf der Fläche. Wirtschaftseigene Düngemittel wurden nicht eingesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Knollenertrag:

Obwohl das Ertragsniveau vor allem durch Standort, Jahr und Sorte bestimmt wird, ergaben sich signifikante Beziehungen zwischen K-Gehalt im Boden und Ertragsniveau (hier nicht dargestellt). Die Mehrerträge durch K-Düngung sind beträchtlich und signifikant abhängig vom K-Gehalt im Boden (Abb. 1). Die bei gleichen K-Gehalten im Boden gefundenen höheren Mehrerträge durch K-Düngung auf mittleren Böden entsprechen den derzeitigen Empfehlungen, da sie im Vergleich zu leichten Böden eine niedrigere Verfügbarkeit bedeuten. Auf leichten Böden ergaben sich durchschnittliche Mehrerträge von 65 bzw. 45 % durch 300 kg K₂O/ha, wenn sich die mit K ungedüngte Variante in der Versorgungsstufe A bzw. B befand. Bei einer K-Versorgung in Stufe C und D stiegen auf Grund der K-Düngung die Erträge um 18 % (Abb. 2). Ähnliche Ertragszuwächse zeigten sich auf mittleren Böden in den Versorgungsstufen A bis C bei jedoch deutlich geringerer Versuchsanzahl.

¹ eMail: kristian.orlovius@kali-gmbh.com

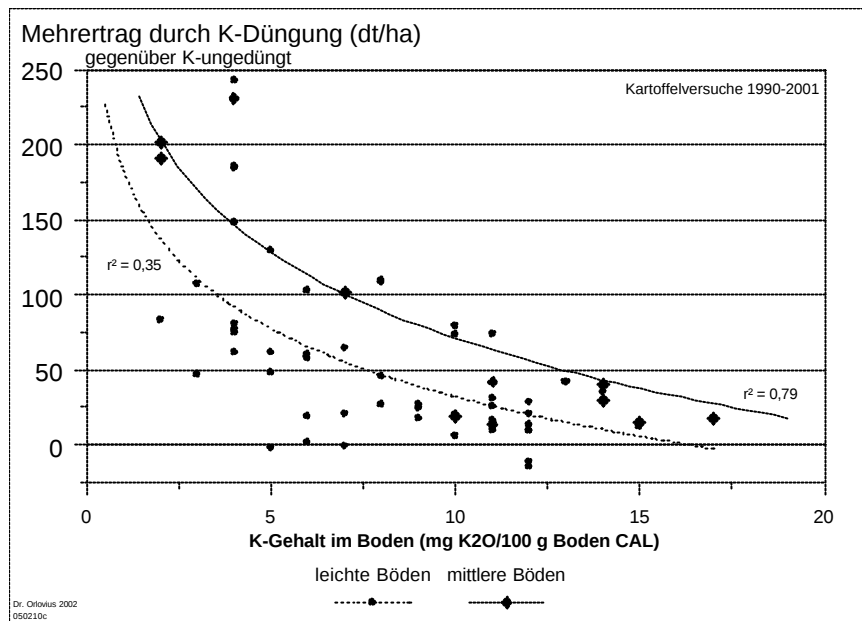


Abb. 1: Mehrertrag von Kartoffeln bedingt durch K-Düngung in Abhängigkeit von der K-Versorgung im Boden auf leichten und mittleren Böden

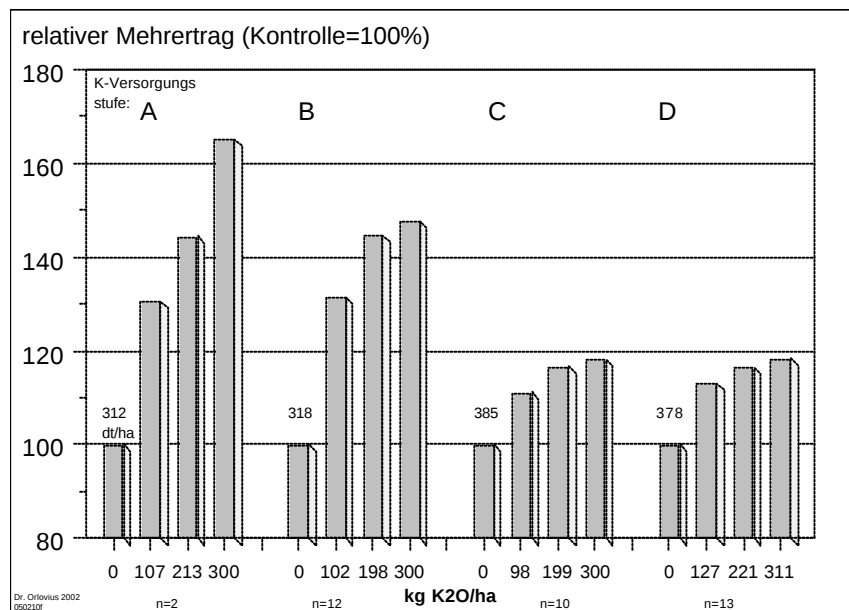


Abb. 2: Einfluss der Kalium-Düngung auf den Kartoffel-Ertrag bei unterschiedlicher K-Versorgungsstufe im Boden auf leichten Böden

Stärkegehalt:

Der Stärkegehalt ist vor allem für die Verarbeitungskartoffel von Bedeutung. Ähnlich wie der Ertrag wird auch das Niveau des Stärkegehalts durch Standort, Jahr und Sorte festgelegt. Innerhalb dieses Rahmens reagierte der Stärkegehalt je nach K-Gehalt im Boden unterschiedlich auf die K-Düngung. So wurde in Versuchen auf stets dem gleichen Betrieb und stets der gleichen Sorte (Saturna) in der K-Versorgungsstufe B und im niedrigen Bereich der Stufe C der Stärkegehalt mit steigender K-Düngung in sulfatischer Form bis zu 200 kg K₂O/ha zunächst erhöht,

um mit weiter steigender Düngung wieder abzufallen (Abb. 3). Bei einer Versorgung im oberen Bereich der Stufe C ergab sich mit zunehmender K-Düngung eine Zunahme des Stärkegehaltes bis 100 kg K₂O/ha. Erst in K-Versorgungsstufe D fielen bereits durch eine K-Düngung von 100 kg K₂O/ha die Stärkegehalte. Bei K-Düngung in chloridischer Form wird bei gleicher K-Düngung der Stärkegehalt um ca. 1 % stärker abgesenkt im Vergleich zu sulfatischer K-Düngung.

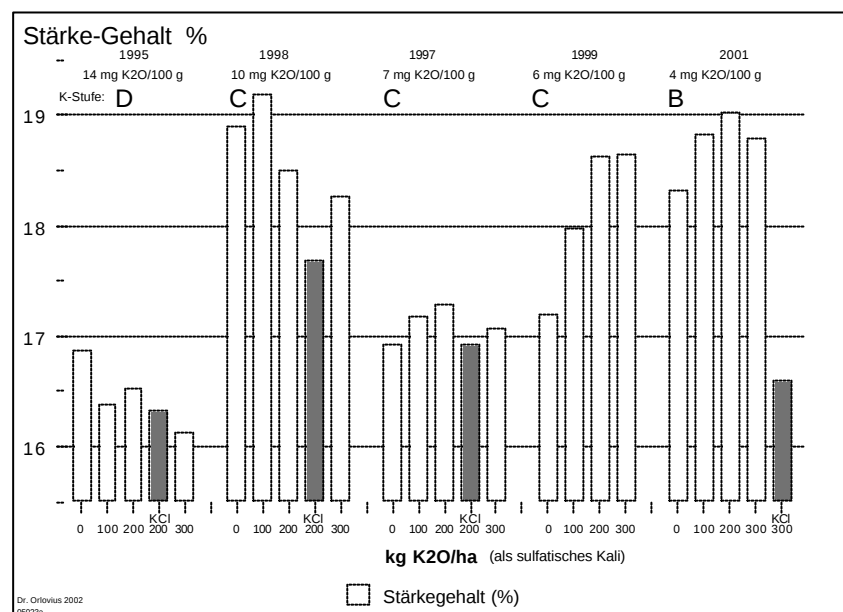


Abb. 3: Einfluss unterschiedlicher K-Düngermenge und -form auf den Stärkegehalt von Kartoffeln bei unterschiedlicher K-Versorgung im Boden (Standort Langwedel 1995-2001)

Schwarzfleckigkeit:

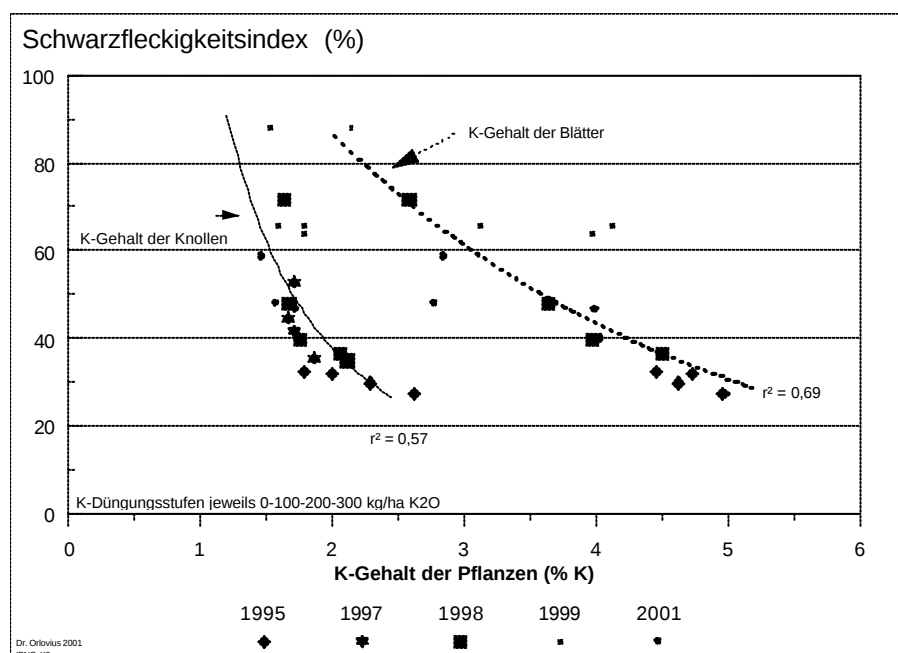


Abb. 4: Einfluss unterschiedlicher K-Versorgung der Kartoffeln auf das Auftreten der Schwarzfleckigkeit in den Knollen (Standort Langwedel 1995-2001)

Bei Ausschaltung der Faktoren Boden und Sorte (Versuche mit stets der gleichen Sorte und auf dem gleichen Betrieb) bestand ein signifikanter, enger Zusammenhang zwischen der K-Versorgung der Pflanzen und dem Anteil schwarzfleckiger Knollen (Methode KTBL Dethlingen). Bei K-Gehalten $>5\%$ K in den Blättern bzw. $>2,2\%$ K in den Knollen blieb der Anteil schwarzfleckiger Knollen auf einem niedrigen Niveau (Abb. 4). Mit abnehmenden K-Gehalten in der Pflanze nimmt der Anteil schwarzfleckiger Knollen zu. Der positive Einfluss guter K-Versorgung zeigt sich auch im Durchschnitt verschiedener Standorte und unterschiedlicher Sorten (Abb. 5). So sinkt mit zunehmender K-Düngung von 0 auf 300 kg K₂O/ha der Anteil schwarzfleckiger Knollen um etwa 10 %. Nach einer Einlagerung der Knollen von Herbst bis in das nächste Frühjahr stieg das Niveau der Schwarzfleckigkeit weiter an. Der vermindernde Effekt durch zunehmende K-Düngung blieb jedoch erhalten (Abb. 5). Der positive Einfluss der Kalidüngung auf die Qualität zeigte sich auch bei hoher K-Versorgung im Boden.

Gehalt an reduzierenden Zuckern:

Der Gehalt an reduzierenden Zuckern wird mit zunehmender K-Düngung vermindert. Dieser Effekt fällt bei höherem Gehaltsniveau an reduzierenden Zuckern stärker aus als bei niedrigem Niveau (Abb. 6).

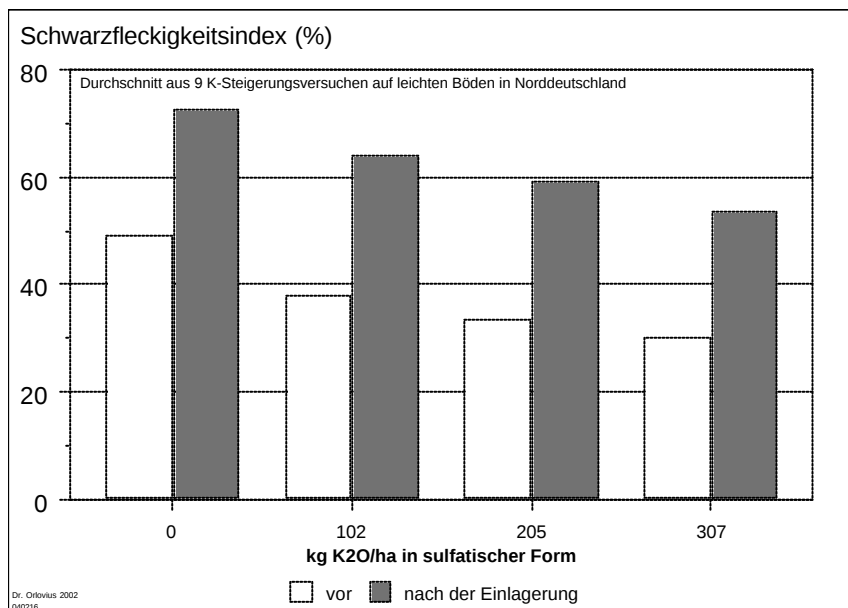


Abb. 5: Einfluss der Kalium-Düngung auf das Auftreten der Schwarzfleckigkeit in den Knollen direkt nach der Ernte und nach Einlagerung bis in das nächste Frühjahr

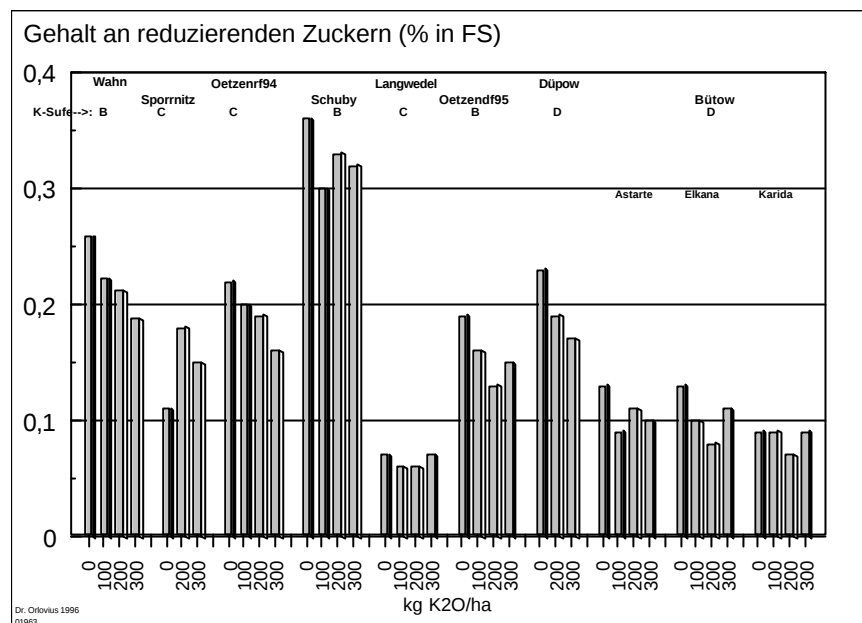


Abb. 6: Einfluss der Kalium-Düngung auf den Gehalt an reduzierenden Zuckern in den Kartoffelknollen

Zusammenfassung

Die Kartoffel reagiert mit empfindlichen Ertragseinbußen auf unzureichende Kalium-Versorgung. Selbst in den K-Versorgungsstufen C und D werden deutliche Ertragssteigerungen durch K-Düngung erzielt. In den K-Versorgungsstufen B und C wird durch die K-Düngung der Stärkegehalt erhöht. Auch bei hoher K-Versorgung im Boden werden durch eine Kali-Düngung die Qualität und die Lagerungseigenschaften der Knollen verbessert.

Kritische Betrachtungen zur gegenwärtigen Bewertung von brennfleckenkrankem Saatgut der Futtererbsen

G. Müller¹ und C. Fischer (Jena)

Einleitung

Die Saatgutverordnung legt unter Anlage 3 für Leguminosen fest, dass Saatgut für die amtliche Anerkennung nicht in einem größeren Ausmaß von parasitischen Pilzen befallen sein darf, wenn sich bei der Beschaffenheitsprüfung der Verdacht ergibt. Hinweise zur Begründung des Befallverdacht und eine Definition des größeren Ausmaßes gibt die Verordnung nicht. Die Fachgruppe Saatgut des VDLUFA definiert im Sachverzeichnis von Beschlüssen, Beobachtungen und Demonstrationen (1983) „Bei Erbsen gilt als stärkerer Befall ein 13 % übersteigender Besatz mit Samen, die mit einem der folgenden Brennflecken erregenden Pilzen befallen sind:

Ascochyta pinodella Jones,

Ascochyta pisi Lib.,

Mycosphaerella pinodes (Berk. & Blox.) Vestergr.

Colletotrichum pisi Pat.“.

Die Erbsen sind nach 9- bis 10-tägiger Keimdauer bei 18 bis 20 °C nach dem Schema von Roewer (1958) zu beurteilen. Unklar bleibt, ob die Samen hierzu vorbehandelt z. B. chemisch gebeizt werden sollen. Für die Gesundheitsprüfung bei *Fabaceae* enthalten auch die ISTA-Vorschriften eine verbindliche Methode zur Bestimmung infizierter Samen auf Agar.

Es war das Anliegen der Untersuchungen, bei allen Futtererbsen des Vermehrungsanbaus in Thüringen den Befall mit Pilzen aus dem *Ascochyta*-Komplex über einen längeren Zeitraum zu erfassen. Danach sollte an diesen Proben festgestellt werden, ob der Brennfleckenbefall der Keimlinge vor und nach einer chemischen Beizung in einer Beziehung zur Sameninfektion mit den Erregern des *Ascochyta*-Komplexes steht. Gesicherte Beziehungen hätten die Ableitung von kritischen Befallswerten für die Sameninfektion der Agar-Methode aus der 13 % Regel der Fachgruppe erlaubt. Eine Vergleichsuntersuchung sollte die eigenen Ergebnisse untermauern.

Material und Methoden

Die Versuche betreffen Saatgut von Futtererbsen der Erntejahre 1999 bis 2001 aus dem Bereich der amtlichen Anerkennung in Thüringen. Es war das Anliegen, in diesen drei Jahren von möglichst vielen Vermehrungsvorhaben jeweils eine repräsentative Probe auf den Befall der Keimlinge mit Brennflecken und der Samen auf Brennflecken erregende Pilze zu untersuchen. Diese Pilzarten sind dem *Ascochyta*-Komplex zuzuordnen. Die Bestimmung der Keimfähigkeit erfolgte nach den gültigen Vorschriften der ISTA durch Einlegen der Samen in Keimrollen (BP) und des Aufstellens dieser im Keimschrank bei 20 °C. Zum Abschluss wurde neben der Keimfähigkeit auch der Anteil der Keimlinge mit nekrotischen Gewebepartien bestimmt, die durch ihre Ausprägung auf den Befall mit Brennflecken deuten. Typisch hierfür ist die scharfe dunkelbraune Abgrenzung des nekrotischen Areals zum gesunden Gewebe hin und ein Infektionsherd, der im Längsschnitt eine dreieckige Form aufweist.

In diesem Zusammenhang war natürlich auch interessant zu wissen, wie eine chemische Beizung des Saatgutes den Befall zu beeinflussen vermag. Daher wurden

¹ eMail: g.mueller@TLL.Jena.de

in einem zweiten Versuch alle Proben vor der Bestimmung der Keimfähigkeit gebeizt. Für Erbsen zugelassen ist die Trockenbeize Aatiram (Wirkstoff Thiram) mit einer Aufwandmenge von 300 g je dt Saatgut.

Um die Sameninfektion mit Erregern des Ascochyta-Komplexes zu ermitteln, wurden zum Abschluss oberflächlich desinfizierte Samen auf Malzextraktagar in Petrischalen ausgelegt und 7 Tage bei 20 °C unter UV-Wechsellicht bebrütet. Die Durchführung erfolgte nach ISTA-Vorschriften für die Gesundheitsprüfung, wobei 1999 und 2000 jeweils 200 Samen und 2001 400 Samen geprüft wurden.

Eine Vergleichsuntersuchung zwischen neun deutschen Prüfstellen stellte die Ergebnisse auf eine noch breitere Basis. Aus dem Material des Erntejahres 2000 wurden fünf Proben mit unterschiedlicher Befallsstärke ausgewählt und sowohl ungebeizt als auch gebeizt an die Prüfstellen gesandt mit der Bitte um Bestimmung der Keimfähigkeit, des Keimlingsbefalls mit Brennflecken und der Sameninfektion mit Brennfleckenerregern. Darüber hinaus sollten die Erreger klassifiziert werden. Die Bestimmung der Keimfähigkeit wurde in den Saatgutprüfstellen vorgenommen. An der Untersuchung auf Sameninfektion nahmen neben drei Saatgutprüfstellen sechs Laboratorien der Pflanzenschutzämter teil.

Ergebnisse des Dreijahresvergleichs

In den drei Untersuchungsjahren variierte im Mittel die Keimfähigkeit der Futtererbsen von 89,5 % bis 92 % bei ungebeizten und von 88,5 % bis zu 92,2 % bei den mit Aatiram gebeizten Proben (Tabelle 1). Für die Anerkennungsfähigkeit legt die Saatgutverordnung einen Schwellenwert von 80 % fest. Der Anteil normal gekeimter Keimlinge mit brennfleckenverdächtigen Nekrosen, im weiteren als Brennfleckenbefall der Keimlinge bezeichnet, betrug im Mittel 1,3 % sowie 2,5 %. Er fiel nach einer chemischen Beizung durch den schützenden Effekt des Beizmittels auf 0,2 % bzw. 1,2 % ab. Für das Untersuchungsjahr 2000 liegen mit 1,2 % Brennfleckenverdacht nur Ergebnisse für ungebeiztes Saatgut vor. Einen deutlich höheren Infektionsgrad ergab die Prüfung auf Agar. An 3,3 %, 3,9 % und 15,5 % der Samen wurden Erreger festgestellt, die dem Ascochyta-Komplex angehören. Es ergibt sich somit ein Verhältnis nekrotischer, wahrscheinlich brennfleckenkranker Keimlinge in gebeiztem bzw. ungebeiztem Zustand zur nachgewiesenen Infektion auf Agar wie 1 zu 2 zu 13 für das Untersuchungsjahr 1999 oder 1 zu 7 zu 20 für das Untersuchungsjahr 2001.

Tabelle 1: Mittelwerte der Keimfähigkeit, des Brennfleckenbefalls der Keimlinge und der Sameninfektion mit Erregern des Ascochyta-Komplexes im Dreijahresvergleich

Jahr	Stichproben n	Keimfähigkeit (%)		Brennflecken (%)		Sameninfektion		Verhältnis		
		gebeizt	ungebeizt	gebeizt	ungebeizt	geprüfte Samen	Befall (%)			
1	2	3	4	5	6	7	8	5	5 zu	5 zu
1999	40	88,5	89,5	1,2	2,5	200	15,8	1	2	13
2000	40	-	90,1	-	1,2	200	3,3	-	-	-
2001	45	92,2	92,0	0,2	1,3	400	3,9	1	7	20

Im Untersuchungsjahr 1999 lagen die 40 geprüften Saatgutproben unter dem kritischen Befallswert von 13 % Brennflecken an den Keimlingen. Die Gesundheitsprüfung auf Agar belegte jedoch, dass die Samen von 19 Proben, dies sind 47,5 %, den kritischen Wert überschritten. In den beiden darauf folgenden Jahren lag dieser Anteil auf Agar mit jeweils 3 Proben, dieses entspricht 7,5 % bzw.

6,7 %, wesentlich niedriger. Bei der Beurteilung der Keimlinge wurde lediglich im Untersuchungsjahr 2001 eine Probe gefunden, die mit einem Anteil von 15,75% brennfleckenbefallenen Keimlingen den kritischen Wert von 13 % überschritten hatte. Nach einer chemischen Beizung ging in allen Fällen der Brennfleckenanteil merklich zurück. In den Untersuchungsjahren 2000 und 2001 wurden bei einigen Proben Keimlinge als befallen gewertet, für die der Infektionsnachweis auf Agar nicht erbracht werden konnte. Hier ist zwar in der folgenden Grafik Brennfleckenbefall ausgewiesen, es fehlt jedoch die entsprechende Säule für die Sameninfektion.

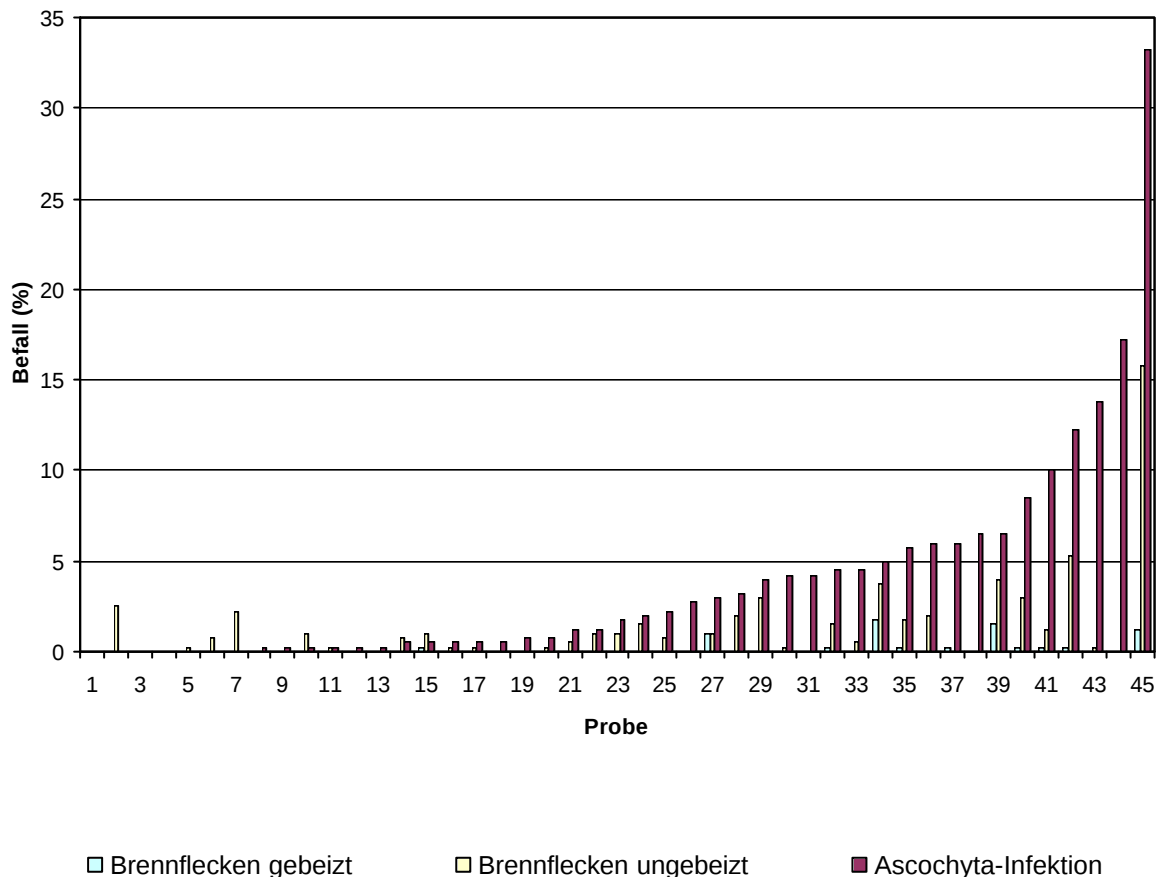


Abbildung 1: Vergleich zwischen dem Auftreten von Brennflecken an den Keimlingen und der Ascochyta-Infektion der Samen bei Futtererbsen 2001

Die Klassifizierung nach Arten ergab, dass in den drei geprüften Jahren die Infektion mit *Ascochyta pisi* die anderen, ebenfalls am Ascochyta-Komplex beteiligten Erreger bei weitem übertraf. Im Untersuchungsjahr 1999 lag der mittlere Anteil dieser Art an der Infektion bei 95 %, *Ascochyta pinodes* nahm hingegen nur 5 % ein. Im darauffolgenden Jahr waren es 97 % *Ascochyta pisi* und 3 % *Ascochyta pinodes*. Für das Jahr 2001 gibt Abbildung 2 Auskunft. Hier lag das Mittel bei 68,4 % *Ascochyta pisi*, 23,7 % *Ascochyta pinodes* sowie 7,9 % *Ascochyta pinodella*. Vereinzelt überwogen an den Proben auch Infektionen der Samen mit *Ascochyta pinodes*.

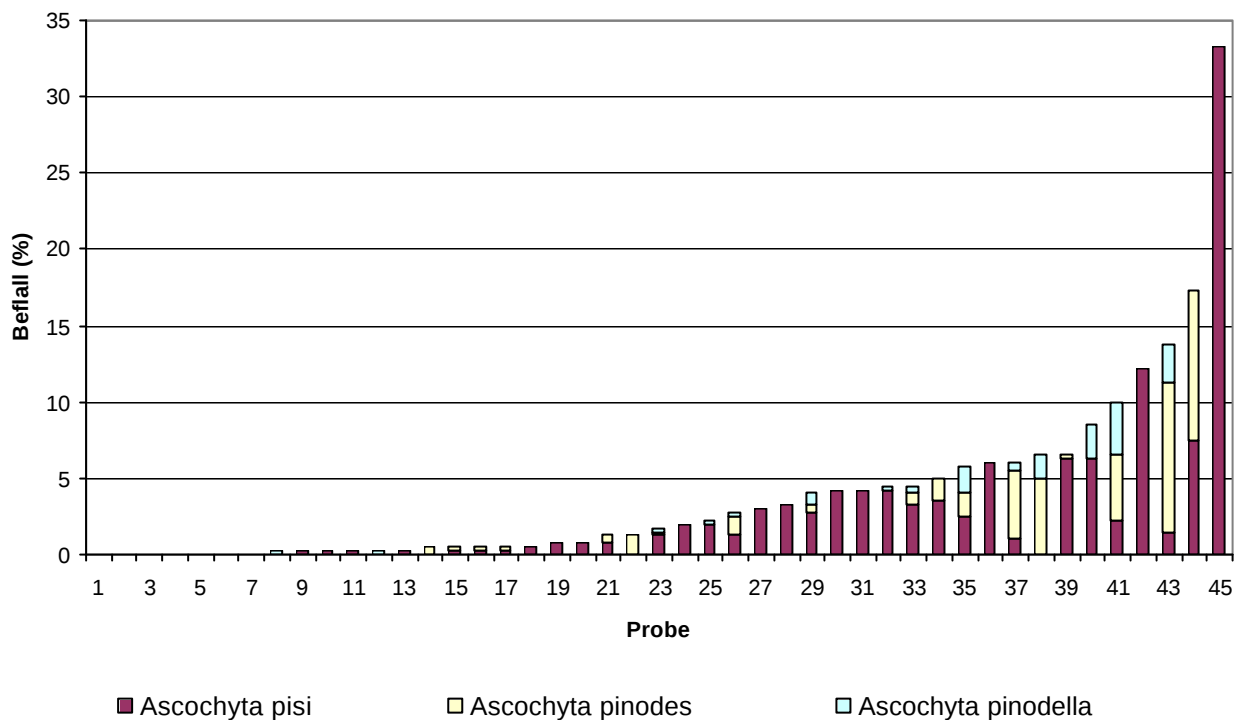


Abbildung 2: Festgestellte Ascochyta-Arten an Futtererbsen 2001

Die Anzahl der Keimlinge mit Brennflecken korrelierte mäßig mit der Sameninfektion, wie Tabelle 2 zeigt. Dies trifft für die ungebeizten Proben mit Korrelationskoeffizienten von 0,74; 0,68 und 0,76 in allen drei Untersuchungsjahren zu. Nach einer chemischen Beizung des Saatgutes korrelieren die beiden Merkmale noch weniger miteinander. Alle Korrelationskoeffizienten sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,1\%$ signifikant.

Tabelle 2: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen dem Auftreten von Brennflecken an den Keimlingen und der Sameninfektion mit Ascochyta-Arten

Jahr	ungebeizt			gebeizt		
	Funktion	Korrelationskoeffizient	Bestimmtheitsmaß	Korrelationskoeffizient	Bestimmtheitsmaß	
1999	$y=4,17x+5,55$	0,74	0,54	0,56	0,32	
2000	$y=1,91x+0,92$	0,68	0,46	-	-	
2001	$y=1,80x+1,51$	0,76	0,58	0,44	0,19	

Ergebnisse der Vergleichsuntersuchung

Zwischen den neun beteiligten Laboratorien variierten die Ergebnisse sowohl bei der Bestimmung des Brennfleckenbefalls der Keimlinge als auch der Ascochyta-Infektion der Samen beträchtlich. Dies wird beim Vergleich der statistischen Maßzahlen in Tabelle 3 deutlich. Die fünf Proben, die zu untersuchen waren, betrafen unterschiedliche Sorten. Die Variationskoeffizienten geben die Standardabweichung in Prozent des arithmetischen Mittels an. Diese Werte sind in allen Fällen viel zu groß, so dass erhebliche Zweifel an der Sicherheit der Ergebnisse einer Gesundheitsprüfung bei allen drei Methoden bestehen. So übertrifft in einigen Fällen

die Streuung das arithmetische Mittel, sichtbar im Variationskoeffizienten von über 100 %. Es ist auch auffällig, dass niedrigere Befallswerte mit größeren Unsicherheiten bei der Bestimmung verbunden waren. Dies trifft für die Sorten Classic und Miami zu. Auffällige Unterschiede in der Präzision waren zwischen den Methoden nicht feststellbar.

Tabelle 3: Ergebnisse einer Vergleichsuntersuchung zwischen 9 Laboratorien zur Gesundheitsprüfung bei Futtererbsen

Sorte	Brennfleckenbefall der Keimlinge (%)						Ascochyta-Infektion der Samen (%)		
	gebeizt			ungebeizt			auf Agar		
	Variationsbreite	Mittel	Variationskoeffizient	Variationsbreite	Mittel	Variationskoeffizient	Variationsbreite	Mittel	Variationskoeffizient
Swing	0,75 bis 7,25	3,2	69	3,25 bis 14,50	8,7	55	9,50 bis 43,50	23,3	48
Classic	0 bis 2,00	0,6	116	0 bis 5,25	1,3	130	0 bis 7,00	1,9	98
Duel	1,25 bis 11,00	5,3	67	1,25 bis 13,00	6,6	60	12,00 bis 24,75	18,9	22
Miami	0 bis 1,25	0,5	104	0,25 bis 6,50	2,2	104	0 bis 12,75	3,5	134
Sponsor	1,75 bis 12,75	6,6	57	3,00 bis 17,25	9,1	64	13,25 bis 27,75	19,8	25

Diskussion:

Die Untersuchungen belegen zunächst, dass das Auftreten von Ascochyta-Infektionen an Futtererbsen von Jahr zu Jahr erheblich variiert. Es ist bekannt, dass die Witterung maßgeblich das Inokulum in den Beständen beeinflussen kann. Feuchte Jahre sind häufig auch Jahre mit erhöhten Befallswerten. Der agrarmeteorologische Wochenbericht weist für Thüringen 1999 teilweise stark erhöhte Niederschläge in den Monaten Juni und Juli aus. Diese Niederschläge erklären das hohe Befallsmittel von 15,8 %. Im gleichen Jahr war auch der Anteil der Brennflecken an den Keimlingen am höchsten und dies sowohl an gebeizten als auch an ungebeizten Samen. Die Ergebnisse des Jahres 1999 machen sogleich deutlich, dass ein Grenzwert der für die Sameninfektion auf Agar gelten soll, weit über dem Grenzwert für den Brennfleckenbefall der Keimlinge liegen muss, da sonst ein zu großer Saatgutanteil als minderwertig deklariert würde. Im Untersuchungsjahr 1999 lagen 47,5 % aller zur Beschaffenheitsprüfung vorgestellten Partien über 13 % Sameninfektion auf Agar. Auch ist nicht bekannt, dass trotz des relativ hohen mittleren Befallswertes Saatgut in seinen Qualitätseigenschaften negativ beeinflusst worden wäre oder im Folgejahr Anlass einer unakzeptablen Neuinfektion war. Noch deutlicher wird diese Aussage, wenn die Ergebnisse der drei Methoden ins Verhältnis gesetzt werden. Dabei stellt sich 1999 ein Verhältnis zwischen dem Brennfleckenbefall der Keimlinge im gebeizten und ungebeizten Zustand sowie der Sameninfektion von 1 zu 2 zu 13 ein. Für 2001 beträgt das Verhältnis sogar 1 zu 7 zu 20. Aus einem großen Anteil infizierter Samen gehen also völlig intakte Keimlinge hervor. Die Agar-Methode vermag zwar alle Infektionen an den Samen verlässlich zu erfassen, über die Infektionsqualität also auch über die Schwere der Schäden am Keimling gibt sie leider nur unbefriedigend Auskunft. Eine Saatgutbeizung schützt den Keimling und verhindert, dass sich eine örtlich begrenzte Infektion ausbreiten kann. Der Beizeffekt lag in den vorliegenden Untersuchungen mit Aatiram bei ca. 50 % für das Jahr 1999, das heißt ca. jeder zweite Brennfleckenbefall kam an den Keimlingen nicht zum Ausbruch. Im Untersuchungsjahr 2001 war die Wirkung des Mittels mit 85 % Beizeffekt noch besser. Das mit einem protektiven Mittel ein so

großer Beizeffekt zu erzielen ist, hängt wahrscheinlich mit der Übertragung des Pilzes durch die Testa zusammen. Dekker (1957) beobachtete an Pflanzen, an denen die Testa von den Samen entfernt worden war 5 % kranke Pflanzen. An den Vergleichsproben mit Testa hingegen waren es 18 %.

Brennfleckenbefall an den Keimlingen und Sameninfektion auf Agar korrelieren mäßig miteinander und eine chemische Beizung führt zu einer weiteren Abschwächung dieser Beziehung. Bei der Verwendung von ungebeiztem Saatgut für die Bestimmung des Brennfleckenbefalls und der Sameninfektion errechnen sich Korrelationskoeffizienten von 0,74; 0,68 und 0,76. Werden hingegen die Proben für die Bestimmung des Brennfleckenbefalls vor Versuchsbeginn gebeizt und die Bestimmung der Sameninfektion erfolgt an ungebeizten Samen, so sinken die Korrelationskoeffizienten auf 0,56 und 0,44.

Die nur schwachen Korrelationen erschweren zusätzlich eine Ableitung von Grenzwerten für die Sameninfektion der Agar-Methode.

Wird bei einem Schwellenwert von 13 % Brennfleckenbefall für ungebeiztes Saatgut ein linear funktionaler Zusammenhang zu Grunde gelegt, so ergibt sich für das Untersuchungsjahr 1999 ein entsprechender theoretischer Wert von 60 % für die Agar-Methode. Dieser Wert scheint rein empirisch gesehen zu hoch bemessen. Für die nachfolgenden Jahre lagen die an Hand der Funktionen ermittelten Werte mit 26 % bzw. 24 % eher in einem Bereich, der für eine Regelung verwendet werden könnte. Für Futtererbsen liegen in Großbritannien nach Cockerell (2002) die Richtwerte für die Agar-Methode bei 30 % Maximalbefall. Futtererbsen mit einer Befallsintensität von 5 % bis 30 % sollten jedoch gebeizt in den Verkehr gebracht werden.

Unter mitteleuropäischen Verhältnissen sind es vor allem die Infektionen mit *Ascochyta pisi*, die an Saatgut von Futtererbsen beobachtet werden können. Im geringeren Maße kommen auch *Ascochyta pinodes* und *Ascochyta pinodella* vor, wie die Untersuchungen zeigen. Von *Ascochyta pinodes* ist bekannt, dass dieser Pilz die Wurzel befällt und auf diese Weise zum frühzeitigen Absterben der befallenen Pflanzen führt. Dies ist vielleicht eine Ursache, weshalb dieser Pilz weniger häufig an Saatgut vorkommen kann. Auch ist die Schwere des Krankheitsverlaufes zwischen den drei Erregern unterschiedlich. Wallen (1965) fand in Infektionsuntersuchungen Ertragsrückgänge von 11 % verursacht durch die Infektion mit *Ascochyta pisi*, von 25 % verursacht durch *Ascochyta pinodella* und von 45 % verursacht durch *Ascochyta pinodes*.

Die Vergleichsuntersuchung verdeutlicht die große Unsicherheit der Laboratorien bei der Bestimmung des Brennfleckenbefalls an den Keimlingen als auch der Sameninfektion auf Agar. Da die Brennflecken in Verbindung mit der Keimfähigkeit bestimmt worden sind, sind für die Ergebnisse die Saatgutprüfstellen verantwortlich. Die Sameninfektion bestimmten drei Saatgutprüfstellen und sechs Laboratorien der Pflanzenschutzämter. Bei allen fünf Proben war die Variationsbreite zwischen den Ergebnissen der Laboratorien sehr groß, so dass beträchtliche Variationskoeffizienten zustande gekommen sind. Die schützende Wirkung des Beizmittels verminderte bei allen fünf Proben den Brennfleckenbefall merklich. Allerdings waren große Unterschiede in der Wirksamkeit zwischen den Proben feststellbar, die offensichtlich nicht vom Ausgangsbefall abhingen. Wesentlich höhere Werte erbrachte die Bestimmung der Sameninfektion auf Agar. Die Ergebnisse decken sich im Wesentlichen mit den eigenen Untersuchungen an Futtererbsen. Auf weitgehendere Ableitungen wurde auf Grund der großen Streuung zwischen den Laboratorien verzichtet.

Schlussfolgerungen

Da die drei Untersuchungsmethoden am selben Material zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, ist es paradox, einen einheitlichen Grenzwert für die Definition eines größeren Ausmaßes bei *Ascochyta* festzulegen. Eine objektive Bewertung von Saatgutpartien erfordert differenzierte methodenabhängige Grenzwerte.

Ein Grenzwert von 13 %, den die Fachgruppe Saatgut in ihrer Beschlusssammlung für den Brennfleckenbefall an Keimlingen ausweist, sollte nur für ungebeiztes Saatgut Gültigkeit besitzen.

Methodisch ist auch festzulegen, welche Bestandteile auf Brennflecken zu untersuchen sind. Es ist ein großer Unterschied, ob hierzu am Ende nur die normalen Keimlinge oder zusätzlich die anomalen Keimlinge, die harten Samen, die frischen Samen und die toten Samen herangezogen werden. Da unter Freilandbedingungen meist nur die normalen Keimlinge überleben und als entwickelte Pflanzen Anlass zu einer Neuinfektion geben können, sollten nur sie berücksichtigt werden.

Ausgehend von einem Grenzwert von 13 % für die Bestimmung des Brennfleckenbefalls an ungebeiztem Saatgut lässt sich aus den Untersuchungen ein Grenzwert für gebeiztes Saatgut von 6 % empfehlen.

Für die Agar-Methode, bei der alle Sameninfektionen mit Pilzen des *Ascochyta*-Komplexes erfasst werden, könnte dieser Wert bei 30 % befallene Samen liegen.

Zur Absicherung dieser Grenzwerte sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Literaturangaben

Anonymus (1983) Sachverzeichnis von Beschlüssen, Beobachtungen und Demonstrationen der Fachgruppe IV Saatgut im Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten

Anonymus (1999) Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut#

Cockerell, C (2002) persönliche Mitteilung

Dekker J(1957) zitiert bei Neergard P. Seed Pathology, 1988, THE MACMILLAN PRESS LTD

Rutz, H.-W. (1998) Sorten- und Saatgutrecht, 8. Auflage, AgriMedia Buchedition

Roewer R. (1958) Zur Bestimmung der Brennfleckenkrankheit an Erbsensaatgut. Zeitschrift für landwirtschaftliches Versuchs- und Untersuchungswesen, Akademie-Verlag Berlin 4, 1958, 527-546.

Wallen, V.R. (1965) Field evaluation and the importance of the *Ascochyta* complex on peas. Can. J. Pl. Sci. 45, 27-33

Statistische Analysen von Prüfergebnissen auf Ascochyta-Befall bei Erbsen

Jackisch, Winfried (Nossen)

In den Jahren 1996 bis 1999 erfolgte eine Prüfung der samenbürtigen Ascochyta-Infektion am Erntegut aus Sortenversuchen mit Körnererbsen auf Agar-Nährboden. Zwischen den Jahren, Orten und Sorten bestanden teils signifikante Unterschiede in der Befallsstärke. Der Datenpool umfasst 460 Prüfungen à 100 Samen, es wurde folgende Befallshäufigkeit ermittelt:

Ascochyta-Infektion (%)	Häufigkeit (%)
0	10,0
1 – 10	34,4
11 – 20	23,9
21 – 30	15,0
31 – 40	8,0
41 – 50	5,0
> 50	3,7

Die Prüfung wurde in Petrischalen mit 10 Samen angesetzt und die Befallswerte jeder Petrischale getrennt erfasst. Durch die Teilprüfung à 10 Samen stehen für jeden Infektionsgrad im Bereich von 1% bis über 50% ausreichend Daten für statistische Auswertungen zur Verfügung. Es wird geprüft, ob die ermittelten Ascochyta-Befallswerte dem Modell der binomialen Wahrscheinlichkeitsverteilung folgen.

Für vier verschiedene Befallsstärken (3%, 10%, 20%, 30%) wurde die Häufigkeitsverteilung der Infektionswerte mit den erwarteten Werten nach dem binomialen Ansatz verglichen. Nach dem χ^2 -Anpassungstest ist die beobachtete Häufigkeitsverteilung bei einer geringen und schwachen Infektion mit der Binomialverteilung identisch. Bei einer starken bis sehr starken Infektion (> 10%) weicht die Häufigkeitsverteilung signifikant von der binomialen Verteilung ab ($P = 0,05$). Die Analyse der Standardabweichungen der Einzelwerte für jede im Datenpool vorkommende Befallsstärke zeigt, dass die Standardabweichungen nicht über den gesamten Bereich mit den aus der Binomialverteilung abgeleiteten Standardabweichungen identisch sind. Ab einer Infektion von 10% ist die beobachtete Standardabweichung signifikant geringer als die theoretische binomiale Streuung. Die aus den Punkteschwärmen der Standardabweichungen für verschiedene Stichprobenumfänge ermittelten Ausgleichsfunktionen sind identisch. Die über diese Ausgleichsfunktion bestimmten Standardabweichungen können die Basis für die Ableitung von Vertrauensbereichen und von zulässigen Abweichungen für die Prüfung des Ascochyta-Befalls bilden. Zulässige Abweichungen für Wiederholungsprüfungen mit 200 bzw. 400 Samen und maximal zulässige Abweichungen innerhalb der Prüfung auf Ascochyta-Befall für verschiedene Teilstichprobengrößen ($n = 10, 50, 100$) werden diskutiert.

Gesundheitsprüfung: Saatgut aus der Landwirtschaft und dem Gemüsebau

Kern, Birgit und Leist¹, Norbert, LUFA Augustenberg, Karlsruhe

Die Gesundheit von Gemüsesaatgut hat an der LUFA Augustenberg lange Tradition, sowohl was die Bestimmung der Krankheitserreger als auch die Feststellung der Befallsstärke und des Befallsgrades betrifft.

Derzeit sind von großer landwirtschaftlicher Bedeutung die Untersuchungen von Lupinen-(*Lupinus albus*), Erbsen-(*Pisum sativum*) und Lein-(*Linum usitatissimum*) Samen. Ihre pathogenen Erreger werden in diesem Referat vorgestellt. Aus dem Gemüsebau ist die Saatgutqualität von Feldsalat (*Valerianella locusta*), Kresse (*Lepidium sativum*), Möhre (*Daucus carota*), Petersilie (*Petroselinum crispum*), Sonnenblume (*Helianthus annuus*) und Buschbohne (*Phaseolus vulgaris*) für die Erträge und die Ausbreitung der Krankheiten von höchster Wichtigkeit. Exemplarisch werden hier die Arten Feldsalat, Kresse und Möhre mit ihren Pathogenen vorgestellt

Brennfleckenkrankheit von *Lupinus albus*

Pathogen: *Colletotrichum gloeosporioides* (Penzic) Sacc.

Krankheit: Anthraknose

Dieser Pilz ist der wichtigste Schaderreger der Weißen Lupine weltweit. In Deutschland ist Anthraknose im Lupinen-Anbau seit 1994 ein ernstzunehmendes Problem. Einer Umfrage entsprechend war die Anthraknose bereits 1995 in einem großen Teil der lupine-anbauenden Betriebe aufgetreten.

Eine wesentliche Ursache für das epidemiologische Auftreten der Krankheit ist ihre Samenbürtigkeit d. h. der Erreger befindet sich unter anderem als Myzel im Samen. Demzufolge kommt der Saatgutübertragung besondere Bedeutung zu.

Alle bisherigen Versuche die Ausbreitung der Krankheit in Deutschland zu verhindern sind gescheitert. Man muss in der Zukunft mit der Anthraknose leben. Es gibt zur Zeit weder eine resistente Lupinensorte noch eine effektive Bekämpfungsmethode und daher muss *Colletotrichum* am Saatgut bestimmt werden.

Auf der Frühjahrsarbeitstagung 2001 der VDLUFA-Fachgruppe Saatgut in Kassel konnten die Ergebnisse der Arbeitsgruppe Anthraknose mit deren Ringversuchen diskutiert werden. Es wurde festgestellt, dass bei allen verwendeten Methoden die Einheitlichkeit der Ergebnisse zwischen den Laboratorien noch nicht befriedigend ist. Folgender Fachgruppenbeschluss wurde von der Frühjahrsarbeitsgruppe am 10.5.2001 getroffen:

Alle Anerkennungsproben von Lupine werden auf den Befall mit Anthraknose untersucht. Die Bestimmung des Befalls erfolgt mittels Agarmethoden mit 400 Samen, entweder mit der SNA-Methode mit Oberflächendesinfektion (Nirenberg, 1998) oder mit der PDA-Methode (Jonitz, Leist, 1997).

Der Erreger

Die Gattung *Colletotrichum* unterscheidet sich von *Gloeosporium*, anderen Pilzen der Gruppe der Melanconiales, durch das Vorhandensein von großen Borsten, die von den Acervuli (Fruchtifikationkörpern) ausgehen. Diese sind eine Art kleiner Pusteln, die von einem Stroma bedeckt sind, das kurze Konidienträger hervorbringt, die ihrerseits die Sporen abschnüren.

¹ eMail: norbert.leist@bio-geo.uni-karlsruhe.de

Analysemethoden

PDA-Kartoffeldextrosemethode (SOP 07004003 LUFA, Augustenberg)

SNA-Agar-Methode (Fr. Dr. Nirenberg, BBA Berlin)

Identifizierung durch Appressorien

Unter der Leitung von Prof. Leist wurde an der LUFA Augustenberg im Oktober 2001 ein zweitägiger Workshop „Gesundheitsprüfung am Saatgut“ durchgeführt auf dem die beiden Agarmethoden miteinander verglichen wurden. Aus den verschiedenen Landeseinrichtungen der einzelnen Bundesländer, die sich mit der Gesundheitsprüfung von Saatgut beschäftigen, waren 13 Teilnehmer der Einladung zum Workshop gefolgt. Ziel des Workshops war ein direkter Vergleich der Auswertungen der mit pathogenen Pilzen infizierten Samen, um möglichst viel Subjektives bei der Auswertung auszuschließen und so zu einer höheren Auswertesicherheit zu gelangen.

Jeder Teilnehmer bonitierte am gleichen Tag die gleiche Lupine-Probe, die unter den gleichen Bedingungen (Brutschrank, Temperatur, Licht) inkubiert wurde. Die Ergebnisse für die verschiedenen Lupine-Proben auf PDA-Agar waren:

Bei allen drei auf *Colletotrichum* spp. untersuchten Lupinen Proben lässt sich der Befall mit dem Anthraknose Erreger prozentual gut bestimmen. Die Differenzen in der Auswertung waren minimal und die Ergebnisse waren sehr zufriedenstellend.

Die vorliegenden Lupine Proben waren auch auf SNA-Agar aufgelegt und sollten gleichfalls ausgewertet werden. Eine ähnliche Statistik wie oben misslang, da an den 10 von Zeiss gelieferten Mikroskopen die geschlossenen Petrischalen nicht mikroskopiert werden konnten.

Jedoch waren die auf SNA-Agar gewachsenen Hyphen und die für *Colletotrichum* spp. typischen Appressorien sehr gut an den LUFA-eigenen Mikroskopen demonstrierbar. Die SNA-Methode funktionierte also und lieferte eindeutige Ergebnisse.

Aus arbeitstechnischer Sicht und wegen des geringeren Zeitaufwandes wurde eindeutig die PDA Agarmethode empfohlen.

Neben den Ringversuchen sind an der LUFA Augustenberg im Berichtszeitraum von 1999 bis heute 43 Proben auf *Colletotrichum* spp. mittels PDA Agarmethode untersucht worden. Dabei erwiesen sich 24 Proben als frei von *Colletotrichum* spp., 9 Proben wiesen einen Befall von 1 und 2 % auf, 6 Proben einen Befall von 3-5% und weitere 4 Proben einen Befall zwischen 6% und 14%.

Brennfleckenkrankheit bei *Pisum sativum*

Pathogene: *Ascochyta pisi* Lib., *Ascochyta pinodes* Jones,

Ascochyta pinodella L. K. Jones

Krankheit: Anthraknose

Die phytosanitäre Saatgutqualität der Erbse wird seit langem überwacht. In Baden-Württemberg tritt die Brennfleckenkrankheit immer wieder mehr oder weniger stark auf und führt nicht selten zu erheblichen Schäden. Der lange Zeit gefährlichste und am häufigsten an Gemüsesamen anzutreffende Parasit war *Ascochyta pisi*.

Mit der Einführung von resistenten Erbsen in den Jahren 1975-1980 gewannen andere Parasiten an Bedeutung, unter anderem *Ascochyta pinodes*, ein zweiter Erreger der Anthraknose. Die dritte *Ascochyta*-Art *Ascochyta pinodella*, auch als *Phoma medicaginis* var. *pinodella* bezeichnet, ist heute häufig in den Wurzelbereichen auf dem Feld anzutreffen. Alle drei zu den Sphaeropsidales (Fungi imperfecti) gehörenden Arten können sich auf der gleichen Saatgutpartie, manchmal selbst auf dem selben Samen befinden.

Für die Bestimmung von *A. pisi* gibt es eine gültige ISTA-Methode 7-005 vom 1. Januar 2002.

Krankheit, Symptome, Schäden

Stark kontaminierte Samen keimen nicht oder liefern anomale Keimlinge, gefleckte oder nekrotische Wurzeln und Hypokotylachsen. Derartig geschädigte Pflanzen sind nicht in der Lage, ihre Entwicklung fortzusetzen. Wenig oder gering befallene Samen bringen in der Mehrzahl der Fälle normale Keimlinge hervor. Sie weisen jedoch Flecken oder Nekrosen an den Wurzeln oder am Hypokotyl auf. Während *A. pisi* im Laufe seiner Entwicklung leicht zu diagnostizieren ist, werden *A. pinodes* und *A. pinodella* oft verwechselt.

Im August 2001 wandte sich die Projektgruppe „*Ascochyta*-Bestimmung bei Erbsen“ an ihre Mitglieder mit der Auswertung eines Ringversuchs. Eine Vergleichsuntersuchung an der Futtererbse wurde von 10 Stationen in Deutschland durchgeführt und ausgewertet. Die Ringuntersuchung bestand aus 10 Proben Futtererbsen, bei denen bereits im Vorfeld ein unterschiedlicher Befall mit *Ascochyta* spp. auf Nährboden festgestellt worden war.

Der Ringversuch lieferte folgende Ergebnisse:

Der festgestellte *Ascochyta*-Befall differiert zwischen den Stationen beträchtlich. Dabei ist es unerheblich, ob die Bestimmung an den Keimlingen (Papiermethode) oder auf Nähragar anhand des Pilzmyzels erfolgte. Mit steigendem Befall werden die Differenzen zwischen den Stationen größer. Auf Nähragar ist außerdem der nachgewiesene Befall im Vergleich zu den Keimlingen um ein Vielfaches höher.

Die Arbeitsgruppe kam zu folgender Schlussfolgerung:

Die korrekte Beurteilung des *Ascochyta*-Befalls anhand der Keimpflanzen ist nach den vorliegenden Ergebnissen nicht möglich. Der eigentliche Nachweis des Befallsumfangs sollte an den Samen auf Agar erfolgen. Dazu ist es jedoch unumgänglich die großen Ergebnisdifferenzen zwischen den Laboratorien zu beseitigen.

Identifizierung

Ascochyta pisi:

Die Myzelkolonien sind bei *Ascochyta*-Arten recht unterschiedlich, von den drei Arten sind sie bei *A. pisi* am wenigsten ausgedehnt. Nach 8 Tagen erreichen sie auf Kartoffeldextroseagar einen Durchmesser von 1-3 cm, d. h. oft verdeckt das Samenkorn Teile der Kolonie. Bei 20 °C ist das Myzel weißlich, fein aufgerichtet und bedeckt teils die kontaminierten Samenkörner. Die Kolonien sind überdeckt mit zahlreichen, orangefarbenen Pyknidien (Kapseln). Nach 8 Tagen entlassen diese Pyknidien leicht gefärbte, schleimige aus einer Vielzahl von Sporen bestehende Ranken. Der Rand des Ostiolums ist, im Unterschied zu den anderen *Ascochyta*-Arten, nicht gefärbt und im Binokular schwierig zu erkennen. Die Pyknidiosporen sind hyalin und zweizellig.

Ascochyta pinodes:

Die Myzelkolonien sind generell ausgedehnter, als die von *A. pisi*. Nach 8 Tagen erreichen sie 4 cm Durchmesser. Das oft grünliche Myzel richtet sich nicht auf, sondern kriecht. Es bedeckt den Samen nicht. Das Korn nimmt eine braun-schwarze Färbung an. Die Pyknidien haben die Tendenz, sich in radiären Linien anzuordnen, im Gegensatz zu denjenigen *A. pisi*, die über die Kolonie verteilt sind. Die Pyknidien sind dunkel, weniger zahlreich und etwas größer. Das braune Ostiolum ist unter dem Binokular sehr gut sichtbar. Die Sporen verlassen die Kapseln ebenfalls in Massen. Sie sind zweizellig und gleichen denen von *A. pisi*.

Ascochyta pinodella:

Die Myzelkolonien erreichen nach 8 Tagen einen großen Durchmesser von 5 cm. Sie sind braun-grünlich, flach, glänzend, und manchmal in dunklere Abschnitte eingeteilt. Wie bei *A. pinodes* nimmt die Samenschale eine rötliche Färbung ein. Die weniger zahlreichen, schwarzen Pyknidien sind kleiner und sammeln sich um den kontaminierten Samen. Die von den Pyknidien umschlossenen Sporen weisen zwei Typen auf: einzellige (wie bei den *Phoma*-Arten) und zweizellige (wie bei *Ascochyta*-Arten). Das Myzel bringt darüber hinaus zahlreiche braune, einzeln oder in Ketten vorliegende Chlamydosporen hervor.

Bei dem im Oktober 2001 durchgeführten Workshop an der LUFA-Augustenberg ergaben sich folgende Ergebnisse: Die Höhe des *Ascochyta* Befalls war innerhalb der Gruppen nahezu identisch. Die Art *A. pisi* war auch erwartungsgemäß leicht zu erkennen, wohingegen die kleineren Unterschiede zwischen *A. pinodella* und *A. pinodes* nicht von allen Teilnehmern ermittelt werden konnten.

Zusammengefasst lassen sich die Ergebnisse des Workshops als sehr aussagekräftig bezeichnen. Erstaunlich und beeindruckend waren die gut vergleichbaren Ergebnisse der Bonitur von *Ascochyta*-Arten auf Erbse zwischen den 13 Teilnehmern. Das Ziel die persönlichen Unterschiede bei der Auswertung zu eliminieren, ist voll erfüllt worden.

Die Erbsen Proben, die in den letzten 4 Jahren an die LUFA Augustenberg eingesandt worden waren und die bei der Keimfähigkeit mehr als 10% Brennfleckenbefall aufwiesen, wurden routinemäßig auf *Ascochyta* spp. Befall getestet. Ansonsten werden die Erbsen nur bei ausdrücklicher Nachfrage auf Agar aufgelegt. Von insgesamt 684 Erbsenproben, die im Berichtszeitraum von 1999 bis heute untersucht worden sind, mussten 41 Proben auf ihre Gesundheit geprüft werden.

Von 41 Proben mit Verdacht auf *Ascochyta* spp. Befall waren 13 Proben mit 0-10% befallen, 6 Proben mit 11-20% befallen, 8 Proben mit 21-30% befallen, 4 Proben mit 31-40% befallen und 4 Proben von 41-50 %. Weiterhin wurden jeweils eine Probe mit 52%, 53%, 61% und in der Spitze mit 90%, 91% und 92% Befall entdeckt.

Keimlingskrankheiten an *Linum usitatissimum*

Pathogene: *Ascochyta linicola* (*Phoma exigua* var. *linicola*)

Alternaria linicola

Botrytis cinerea

Colletotrichum lini

***Fusarium* spp.**

Methode: (MSOP 07 009 003 LUFA Augustenberg)

Malzagar (MA):

Die Malzagar-Methode wurde gewählt, weil alle Erreger auf diesem Weg günstige Bedingungen für ihr Wachstum vorfinden und gleichzeitig beobachtet werden können.

***Alternaria linicola* Groves et Skolko**

Grünschimmel

Alternaria linicola (Fungi imperfecti, Dematiaceae) parasitiert insbesondere auf dem Öl- bzw. Körnerlein. Der Pilz wird als Spore auf der Samenoberfläche und als Myzel im Inneren der Samenschale übertragen.

Identifizierung:

Auf Malzagar sind die Kolonien graugrün oder olivgrün. Das UV-Licht induziert die Bildung der charakteristischen Sporen. Die einfachen Konidienträger erzeugen an ihrem Ende eine einzige Spore. Die Sporen sind braun, langgestreckt und zugespitzt, mit einem apikalen Faden. Es gibt einen sanften Übergang von der Keule zum apikalen Faden. Sie weisen eine leichte Einschnürung in Höhe der Querwände auf. Ab dem 7. Tag sind diese Sporen voll ausgebildet.

Ascochyta linicola* = *Phoma exigua* var. *linicola

Stengeldürre des Leins

Keimlinge bei Lein, die aus stark kontaminierten Samen hervorgegangen sind, werden bereits vor dem Auflaufen befallen und wachsen nicht aus. Ein Befall nach dem Auslaufen führt zu bräunlichen Nekrosen. Der Pilz liegt als Myzel im Samenkorn vor.

Identifizierung:

Auf Malzagar sind die Kolonien flaumig aufgerichtet und können nach 7 Tagen bis zu 4 cm groß im Durchmesser werden. Anfangs sind sie grau gefärbt, später werden sie grünlich bis kastanienbraun. Ein helleres Band ist manchmal an der Peripherie vorhanden. Die Pyknidien finden sich oft nur in geringer Anzahl in den Kulturen, sind unterschiedlich von der Größe und oft dicht aneinander gelagert. Bei der Reife verlassen die Sporen die Pyknidien durch ein Ostium in Form eines schleimigen Materials. Sie sind ausgesprochen klein, in der Mehrzahl einzellig, einige auch zweizellig.

***Botrytis cinerea* Pers. ex Pers.**

Grauschimmelfäule

Botrytis cinerea (Fungi imperfecti, Moniliaceae) ist ein Pilz, der sich auf zahlreichen Samen und den verschiedensten Pflanzen findet u.a. an Lein, bei der Sonnenblume, bei Hanf, Erbse, Zwiebel, Feldsalat, Linse und Weizen.

In feuchten Jahren ist der Pilz Ursache für das Absterben von Pflanzen nach dem Auflaufen sowie bedeutender Ertragsverluste. Er kann während aller Phasen der Kultur präsent sein.

Identifizierung:

Das Myzel des Pilzes befindet sich im Inneren des Samenkorns. Bei Lein zeigen die Samen anstelle von Brillanz durch weißliche Ansammlungen auf der Samenoberfläche ein typisches mattes und stumpfes Aussehen.

Auf Malzagar sind die Myzelkolonien zunächst weiß, mit zunehmendem Alter grau. Nach 7 Tagen können sie einen Durchmesser von 5 cm erreichen. Bei einer Inkubation von mehr als 7 Tagen, überwächst der Pilz die ganze Platte. Unter dem Mikroskop erscheint das Myzel hell kastanienfarben bis olivgrün. Seine stets verzweigten Enden schließen mit kurzen schwach gefärbten Sterigmen ab. Auf den Sterigmen werden zahlreiche Konidien gebildet werden.

***Colletotrichum lini* (Westend.) Tochinai**

Anthraknose des Leins

Colletotrichum lini gehört zu den Schaderregern deretwegen eine phytosanitäre Überwachung des Leinsaatguts angeordnet ist. Die maximal zulässige Befallshöhe aller Erreger zusammen für Saatgut beträgt 5%. Der Pilz befällt kultivierte und wildwachsende Leinarten von der Aussaat bis zur Ernte. Er kommt als Myzel in der Samenschale, selten im Embryo vor.

Identifizierung:

Auf Malzagar erreichen die nur wenig erhöhten Myzelkolonien nach 7 Tagen 3-4 cm Durchmesser. Die Kulturen sind zunächst hellgrau, nehmen dann wegen der Bildung der großen schwarzen Borsten auf den Acervuli (Fruktifikationstyp, der die Pilze der Ordnung Melanconiales charakterisiert) eine mehr schwärzliche Färbung ein. Die Acervuli produzieren in sehr großer Anzahl Sporen, die sich zu rosa-orangefarbenen schleimigen Massen zusammenballen. Die Sporen sind hyalin und nicht gekammert. Sie sind oval und an den Enden abgerundet.

Colletotrichum lini ist auf dem Saatgut regelmäßig nachweisbar, wenn auch meist mit einem relativ geringen Befall.

Fusarium oxysporum* var. *lini

Fusarium oxysporum (Schlecht) Sn. et H.

Fusarium oxysporum ist sicherlich die am weitesten verbreitete *Fusarium*-Art. Sie ist weltweit in den Böden anzutreffen, wo sie sich sowohl als Parasit als auch als Saprophyt verhält. Sie hat zahlreiche spezialisierte Formen, die eine große Anzahl von Pflanzenarten (Spargel, Erbse, Tomate, Zwiebel, Lein) befallen. Nicht alle Arten und Varietäten des Pilzes werden samenbürtig übertragen. *F. oxysporum* var. *lini*, oder Parasit des Leins, entwickelt sich auch im Gefäßsystem der Pflanze und kann durch Gefäßverbräunungen und Vergilbung der Blätter zum vollständigen Vertrocknen der Pflanze führen.

Identifizierung:

Auf Malzagar variieren die Myzelkolonien in der Erscheinung und der Färbung, zwischen rosa-orange und violett. Viele Kulturen zeigen ein kräftiges, wolliges Luftmyzel. Die *Fusarium* Arten besitzen zwei Sporentypen: Die Mikrokonidien und die Makrokonidien. Unter UV-Licht werden deutlich mehr Makrokonidien gebildet. Diese werden auf Sporodochien gebildet, die, wenn sie in großer Anzahl vorhanden sind, rosa-orange-farbene Sporenmassen erzeugen. Die Form und Größe der Makrokonidien dient als Grundlage für die Einteilung der *Fusarium*-Arten.

Im Berichtszeitraum von 1999 bis heute wurden neben zwei große ISTA Ringversuchen mit Lein an der LUFA Augustenberg 130 Leinsaatgutproben auf ihre Gesundheit untersucht. Dabei ergaben sich folgende Befallsgrade:

Der Erreger *Botrytis cinerea* war an diesen 130 Proben bei 30 Proben nicht nachweisbar. Weitere 80 Proben wiesen einen Befall von 1-2 % auf, 10 Proben einen Befall von 3-4%, 8 Proben einen Befall von 5-6% , eine Probe mit 11% und eine Probe mit 19%.

Für *Alternaria linicola* ergab sich: 45 Proben waren frei von *Alternaria linicola*, 44 Proben wiesen einen Befall von 1-2% auf, 16 Proben einen Befall von 3-5%, 11 Proben einen Befall von 6-10%, 9 Proben einen Befall von 10-20% und bei jeweils einer Probe lagen die Befallszahlen bei 25%, 27%, 36%, 39%, und 58%.

Phoma exigua kam am seltensten auf Lein vor. Von den 130 Proben waren 107 frei von *Phoma*, weitere 20 Proben wiesen einen schwachen Befall von 1% auf, 2 Proben lagen bei 2% und 1 Probe wies mit 3% den stärksten Befall auf.

Colletotrichum spp. war ebenfalls selten, wenn vorhanden dann jedoch meist stark. Von 130 Proben wurde der Erreger 109 mal nicht nachgewiesen. 18 Proben wiesen einen Befall von 1-2% auf. Je einmal wurden 23%, 25% und 39% gefunden.

Fusarium spp. wurde in 130 Proben 37 mal nicht nachgewiesen. 80 Proben wiesen einen sehr geringen Befall von 1-2% auf, 10 Proben einen Befall von 3-4% und weitere 3 Proben einen Befall von 7%, 9% und 12%.

Keimlingskrankheiten bei *Valerianella locusta*

Pathogene: *Phoma valerianellae* Boerema et de Jong und *Peronospora valerianellae* Fuckel

Mit *Phoma* sp. befallene Körner keimen nicht oder die Keime sterben noch vor dem Auflaufen ab. Erfolgt der Befall nach dem Auflaufen, werden die Kotyledonen schwarz, anschließend nekrotisiert der Stiel und stirbt ab.

Peronospora valerianellae ist der Erreger des Mehltaus am Feldsalat. Der Pilz verursacht auf den Kotyledonen der Keimpflanze, später auf den Blättern unregelmäßige, von der Größe unterschiedliche fahle bis gelbliche Flecken.

Die Gesundheitsuntersuchung von Feldsalatsamen benötigt zwei Methoden: die Filterpapiermethode und die Schüttelmethode. Der Pathogen *Phoma* sp. lässt sich auf Filterpapier im UV-Licht nach 10 Tagen identifizieren. Auf der Samenoberfläche sind mit dem Stereomikroskop bei 50-facher Vergrößerung kugelige, dunkelbraune Pyknidien zu erkennen. Das mikroskopische Präparat zeigt Sporen, welche einzellig, farblos und kurz zylindrisch sind. Selten sind die Sporen zweizellig.

Der Pathogen *Peronospora valerianellae* wird mittels der Schüttelmethode nachgewiesen. Dazu werden 400 Samen zusammen mit 1-2 ml Wasser in ein verschließbares Reagenzglas gegeben. Nach 1 h Einweichzeit wird das Reagenzglas eine Minute geschüttelt. Die Flüssigkeit wird dann auf mehrere Hohlschliffobjektträger dekantiert und ausgewertet.

Im Mikroskop wird die Anzahl der Oosporen bei 200facher Vergrößerung ermittelt. Die Anzahl der Oosporen liefern dann den Befallsgrad der Probe. Diese Methode lässt jedoch keine Aussage über die Lebensfähigkeit der Oospore zu.

Im Berichtszeitraum von 1999 bis heute sind an der LUFA-Augustenberg 97 Feldsalat Proben auf diese Pathogene untersucht worden. Für *Phoma* sp. gilt: 38 Proben waren frei von *Phoma* sp., 29 Proben wiesen einen Befall von 1-2% auf, 14 Proben waren mit 3-10% befallen, 2 Proben mit 10-20% befallen, 2 Proben mit 20-30%, 6 Proben mit 30-40% , 2 Proben mit 40-50% , weitere 2 Proben mit 56% , eine Probe mit 78% und schließlich 1 Probe mit 92% *Phoma* Befall.

Für *Peronospora valerianellae* konnte in diesem Zeitraum folgendes ermittelt werden: von 97 Proben waren 81 frei von Oosporen, 12 Proben wiesen einen schwachen Befall mit Oosporen auf, 2 Proben einen mittleren Befall- und weitere 2 Proben einen starken Befall mit *Peronospora valerianellae* Oosporen auf. Nach Definition ist ein Schwacher Befall (1-50 Sporen pro 100 Samen), mittlerer Befall (51 – 150 Sporen pro 100 Samen) und starker Befall (>150 Sporen pro 100 Samen).

Keimlingskrankheit bei *Lepidum sativum*

Pathogen: *Alternaria brassicae* (Berk.) Sacc. (Schwarzfleckenkrankheit)

Dieser Pilz wird auf den Pflanzen von der Keimung bis zur Ernte angetroffen. Kleine braune Flecken auf den Kotyledonen können zum Absterben der Keimpflanze führen. *A. brassicae* wird generell nur im geringen Umfang am Saatgut gefunden.

Um den Befallsgrad von *Alternaria brassicae* bei Kresse Samen zu ermitteln, genügt das Auflegen der Samen auf feuchtes Filterpapier.

Typisch für *A. brassicae* sind die Sporen. Es sind hell bis dunkelbraune Konidien mit Längs- und Quersepten, charakteristisch ist die lange schnabelförmige Form. Die Kolonie erscheint als loses, weißes oder rosafarbenes Luftmyzel mit teegrünen bis olivgrünen Ringen aus Sporen.

Im Berichtszeitraum 1999 bis heute wurden an der LUFA Augustenberg 70 Kresse Proben auf ihre Gesundheit untersucht. Davon waren 18 ganz frei von *Alternaria brassicae*. 21 Proben enthielten 1 bis 3% Befall, 10 Proben 4 bis 10% Befall, 10 Proben enthielten zwischen 10 und 20% Befall, 5 Proben zwischen 20 und 30%, 4 Proben zwischen 30 und 40% und jeweils eine Probe mit 54% und 61% einen starken *Alternaria brassicae* Befall.

Keimlingskrankheiten bei *Daucus carota*

Pathogene: *Septoria daucina* = Möhrenblattfleckenkrankheit

***Alternaria dauci* = Möhrenblattbrand**

***Alternaria radicina* = Schwarzfäule**

***Phoma* spp. = Möhrenschorf**

Kontaminierten Samen sind die Ursache von Auflaufschäden. Wenn sich die Pflanzen gut entwickelt haben, sind die Blatflecken zunächst klein, bräunlich und gelb umrandet. Sind sie zahlreich, so vertrocknen die Blättchen.

Die pathogenen Pilze im und am Möhrensamen werden mittels feuchtem Filterpapier nachgewiesen. *Septoria* wird 3 Tage im Dunkeln, *Phoma* und *Alternaria* Arten 8 – 10 Tage bei UV-Licht inkubiert. Für die Bestimmung von *Alternaria daucina* und *A. radicina* bei Möhrensamen ist eine ISTA Methode vorgeschrieben (International Rules for Seed Testing Chapter 7-001 und 7-002).

Bei *Septoria daucina* sind auf der Samenoberfläche mit dem Stereomikroskop hervorbrechende, dunkle, rundliche und abgeplattete Pyknidien zu erkennen. Das mikroskopische Präparat zeigt Konidien, welche farblos, fadenförmig, gerade oder schwach gekrümmt sind und zumeist durch 2 – 6 Quersepten unterteilt werden.

Bei *Phoma* spp. sind auf der Samenoberfläche erst später kugelige, dunkelbraune Pyknidien zu erkennen. Das mikroskopische Präparat zeigt sehr kleine Konidien, welche einzellig, farblos und kurz zylindrisch sind.

Alternaria dauci bildet auf der Samenoberfläche ein Pilzgeflecht, an dessen dunklen Trägern einzeln oder höchstens in Zweierketten gebildete, lange, z.T. auch doppelt geschnäbelte schwarzbraune Konidiosporen aufsitzen. Eine Konidiospore besitzt 7-

11 Quersepten und vereinzelt Längssepten. Der Schnabel ist oft dreimal so lang wie der Konidienkörper.

Bei Befall mit *Alternaria radicina* ist auf der Samenoberfläche ein Pilzgeflecht mit Konidiosporen zu erkennen, welche einzeln oder in Ketten, dann zu zweit, selten zu dritt, abgeschnürt sind. Die Form variiert von elliptisch bis keulen- oder birnenförmig. Das Mikroskop zeigt die Spore mit 3–7 Quer- und 1–2 Längssepten.

Im Berichtszeitraum von 1999 bis heute wurden an der LUFA-Augustenberg 35 Möhrenproben untersucht. *Alternaria dauci* war dabei der häufigste Pathogen, mit dem 25 Proben befallen waren, gefolgt von *Alternaria radicina* mit 20 befallenen Proben, dann *Phoma* sp. mit 19 Proben befallen. *Septoria daucina* war der am seltensten vorkommende Erreger, er fand sich nur in 3 Proben.

19 von 25 Möhrensamenproben waren mit 1% und 2% *Alternaria dauci* befallen, nur 6 Möhrenproben waren mit mehr als 2% befallen, jeweils einmal 6%, 11%, 14%, 20%, 25%, 58%. Auch bei dem Befall mit *Alternaria radicina* sind 13 Proben mit 1 und 2% befallen und nur 7 Proben stärker als 3 % befallen, nämlich 7 jeweils mit 4%, 5%, 7%, 7%, 8%, 8% und 11%.

Bei *Phoma* sp. fand sich ein Befall zwischen 1 und 4%, wobei 1 % das häufigste war. *Septoria daucina* ließ sich nur einmal mit einem Befall von 1% nachweisen.

Die Ergebnisse der Gesundheitsuntersuchungen zeigen, daß es für den Saatguthandel durchaus notwendig ist diesen Aspekt zu berücksichtigen und daß die gesetzlich vorgeschriebenen Untersuchungen eine unübersehbare Berechtigung haben. Im Sinne einer nachhaltigen Pflanzenproduktion spielt gerade bei der heute sehr restriktiven Zulassung von Pflanzenschutz mitteln der Einsatz gesunden Saatgutes eine ganz bedeutende Rolle. Dies nachzuweisen bedarf es des ausgebildeten Saatgutprüfers ebenso wie des gut ausgerüsteten Labors, eine Aufgabe der sich die Fachgruppe Saatgut national wie international gemäß ihrer Zielen besonders verschrieben hat.

Literaturverzeichnis:

Champion, R., 1999 Pflanzenschutz Nachrichten Bayer, Bayer Leverkusen.

Feiler, U., Nirenberg, H. I.: Eine neue klassische Methode zur Bestimmung des *Colletotrichum*-Befalls an Saatgut von *Lupinus* spp. in: Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 59 (10), S. 259-262, 1998.

Jonitz, A. und Leist, N., 1997: Zur Gesundheitsprüfung bei Lupinen und Gemüsearten VDLUFA - Schriftenreihe 46, Kongreßband 1997, S. 95 - 98

Kummer, H. und Schmidt, B., 1961: „Gesundheitsprüfung von Bohnen- und Erbsensaatgut auf Brennfleckenkrankheit“ Zentralbl. f. Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten u. Hygiene, II. Abt., 114.

Untersuchungen zur Keimung und zum Aufgang von Spargel-Saatgut

Kretschmer, Meinolf (Geisenheim)¹

Keimung und Aufgang von Asparagus officinalis-Saatgut

Als Ursprung des Spargels (*Asparagus officinalis*) wird Osteuropa und Vorderasien vermutet (Krug, 1991). Die erste ausführlichere Beschreibung der Spargelkultur verfasste Marcus Porcius Cato (234-149 v. Chr.), veröffentlicht als zweisprachige Ausgabe durch Thielscher (1963). Cato empfiehlt in seinem weltweit ältesten Lehrbuch der Landwirtschaft „De agri cultura“, zwei bis drei Samen mit einem Pflanzholz in den Boden abzulegen und anschließend mit dem Holz Erde in das Loch zu füllen. Als Saattermin nennt er die Zeit nach der Frühlings-Tages- und Nachtgleiche (24. März). Nach dem Aufgang bleiben die Pflanzen auf dem Acker, wobei der Autor acht bis neun Jahre als Standzeit angibt. Vieles spricht für den Anbau von *Asparagus acutifolius* bei den Römern (Hartmann, 1989a).

Der heute angebaute *A. officinalis* wird weltweit sowohl in gemäßigten Zonen, in den Subtropen wie im tropischen Hochland produziert (Rehm u. Espig, 1996). Damit erfolgt die Aussaat in einem weiten Temperaturbereich. Anders als zur Zeit Catos werden zunächst Jungpflanzen im Freiland herangezogen. Einen möglichen Zeitraum für die Aussaat gibt Knaflewski (1985) an. Nach seinen Untersuchungen erbringen Aussaaten im März/April höhere Kronengewichte (Knospen mit Wurzeln) als spätere im April/Mai. Der Schwachpunkt solcher frühen Aussaaten besteht teilweise in sehr niedrigen Bodentemperaturen. Mit diesen ist auch bei einer Direktaussaat auf Endabstand zu rechnen, selbst wenn an warmen Tagen im April ausgesät wird, wie Meyer (2001) empfiehlt. So betrugen in Frankenthal (nördlicher Rheingraben) die monatlichen Durchschnittstemperaturen in den Jahren 1985 bis 1987 im April 10,4 sowie 7,9 und 12,1 °C (Kretschmer und Strohm, 1988).

Der weite Temperaturbereich bei der Aussaat im weltweiten Spargelanbau wie die niedrigen Frühjahrsbodentemperaturen im nördlichen Europa waren Anlass, den Einfluss der Temperatur auf die Keimfähigkeit sowie den Einfluss von Temperatur und Bodenwassergehalt auf den Aufgang zu ermitteln.

Material und Methode

Das Saatgut der Sorte Eposs und Merkur stellte dankenswerterweise Dr. Hans Rolf Späth, Rastatt, für die Untersuchungen zur Verfügung. Die Ermittlung der Keimfähigkeit wurde mit 4 x 100 Samen bei Temperaturen von 10 bis 35 °C (5er Schritte) durchgeführt, wobei Faltenfilter zur Verfügung standen. Die Aussaaten zum Einfluss der Temperatur und des Bodenwassergehalts erfolgten ebenfalls mit 4x100 Samen 2 cm tief in einen lehmigen Sand bei 15 bis 30 °C (5er Schritte) sowie bei Bodenwassergehalten von 40 bis 80% (10er Schritte) der maximalen Wasserkapazität (WK_{max}). Ausgewertet wurde in zwei- bis dreitägigen Abständen, sobald der Primärspross eine Länge von mindestens 2 cm erreicht hatte. Über die weiteren Versuchsbedingungen ist schon früher ausführlich berichtet worden (Kretschmer, 1995). Den angegebenen Bodenwassergehalten entsprechen pF-Werte von 3,5 bis 2,2. Die nutzbare Wasserkapazität lag zwischen 12,2 und 18,8 Gewichtsprozent. Das entspricht 18,3 bis 28,2 Volumenprozent (Kretschmer, 1999).

¹ eMail: sekretariatGB@fa-gm.de

Alle Aufgangsergebnisse und die zur Aufgangsdauer sind einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse unterworfen worden ($P = 5\%$). Da sich die Aufgangsdauer des Saatguts beider Sorten fast nicht unterschied, werden die Durchschnittswerte angegeben.

Ergebnisse

Die Prüfung der Keimfähigkeit bei 15 bis 30 °C ergab für 'Eposs'-Saatgut Werte zwischen 90 und 92% und für 'Merkur'-Saatgut Werte zwischen 83 und 85% (Tabelle 1). Damit erstreckte sich der optimale Keimtemperaturbereich für Saatgut beider Sorten von 15 bis 30 °C, wobei die Höhe dieses Bereichs sortenspezifische Unterschiede aufwies. 35 °C unterdrückten die Keimung vollständig, während 10 °C die Keimung für 'Eposs'-Saatgut auf 82 und für 'Merkur'-Saatgut auf 71% reduzierte. Darüber hinaus dauerte die Keimung bei 10 °C für Saatgut beider Sorten 70 Tage. Diese reduzierte und sehr langsame Keimung war Anlass, den Aufgang im Boden nur bei 15 bis 30 °C zu ermitteln. Bei 20 °C dauerte die Keimung 28 Tage.

Tabelle1: Einfluss der Temperatur auf die Keimfähigkeit von *Asparagus officinalis*-Saatgut

Keimtemperatur (°)	10	15	20	25	30	35
Sorte	Keimfähigkeit (%)					
Eposs	82b	94a	93a	92a	90a	0
Merkur	71b	83a	85a	85a	85a	0

Die mittleren Aufgangswerte betrugen für 'Eposs'-Saatgut bei 15 bis 25 °C zwischen 85 und 88% und bei 30 °C 82% (Abbildung 1). Ursache für den gesichert niedrigen Wert bei dieser Temperatur gegenüber denen der anderen Temperaturen war der Aufgang von 49% in der Variante 40% WK_{max}. Wie die Varianzanalyse weiterhin verdeutlicht, reduzierte dieser Bodenwassergehalt den Durchschnittswert auf 66%. In der Variante 50% WK_{max} wurde ein Wert von 84% errechnet. Sehr hohe Werte von 91 bis 93% zeigten sich für die weiteren drei Varianten. Zwischen 91 und 93% bestand eine statistische Sicherung. Die Varianzanalyse weist für den Faktor Temperatur einen Einfluss von 4 und für den Faktor Wasser einen von 77% aus (Tabelle 3).

'Merkur'-Saatgut reagierte in den Untersuchungen weniger differenziert (Abbildung 2). Die Durchschnittswerte des Aufganges bei unterschiedlichen Temperaturen betrugen 80 beziehungsweise 81%. Sie waren somit gegenüber 'Eposs'-Saatgut niedriger und einheitlicher. Die Bodenwassergehalte bewirkten etwas deutlichere Schwankungen im Aufgang. So betrug das Ergebnis in der Variante 40% WK_{max} 76 und in der Variante 50% WK_{max} 78%. Der Anstieg des Bodenwassergehalts auf 60 bis 80% WK_{max} verursachte Aufgänge von 82 bis 84%. Das Aufgangsverhalten von 'Merkur'-Saatgut ist durch den Faktor Temperatur zu 1% und durch den Faktor Wasser zu 45% bestimmt worden. Auf den unerklärbaren Rest entfielen 42% (Tabelle 3).

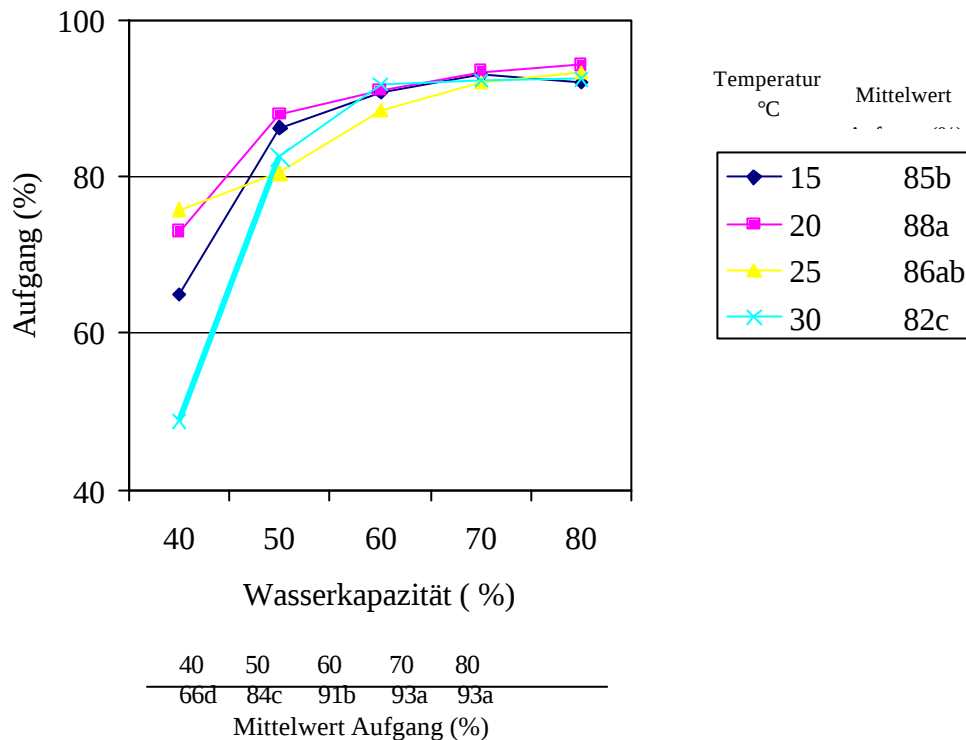


Abbildung 1 : Einfluss der Temperatur und des Bodenwassergehalts auf den Aufgang von 'Eposs'-Saatgut

Der Vergleich von Keimfähigkeit und Aufgang in der Variante 40 und 50% WK_{max} des Saatguts beider Sorten offenbart ein sehr spezifisches Verhalten. 'Eposs'-Saatgut mit hohen Keimfähigkeitswerten reagierte stärker mit reduzierten Aufgängen gegenüber Bodenwassergehalten von 40 und 50% WK_{max} als 'Merkur'-Saatgut mit einer etwas geringeren Keimfähigkeit. Da diese geringere Keimfähigkeit von 'Merkur'-Saatgut nicht mit einer stärkeren Aufgangsreduzierung durch niedrige Bodenwassergehalte verbunden war, kann von einem sortentypischen Verhalten gegenüber dem Faktor Wasser ausgegangen werden.

Tabelle 2: Einfluss der Temperatur und des Bodenwassergehalts auf die Aufgangsdauer von Spargelsaatgut zweier Sorten

Temperatur (°C)	Mittlerer Aufgang (d)	WK max (%)	Mittlerer Aufgang (d)
15	46a	40	35
20	31b	50	35
25	30b	60	34
30	32b	70	34
-	-	80	34 n.s.

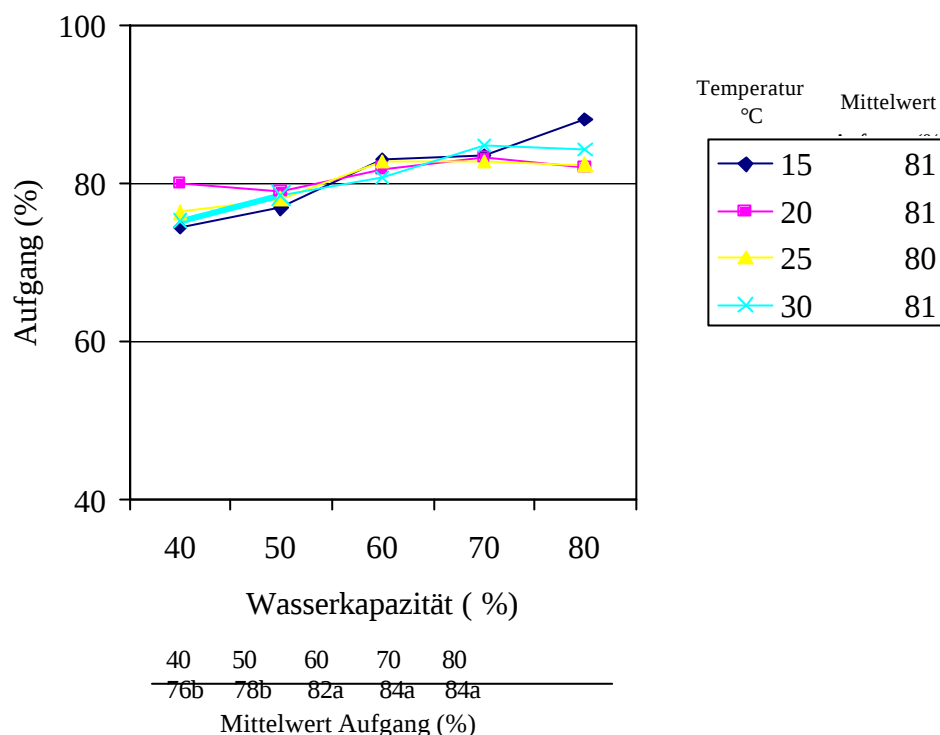


Abbildung 2 : Einfluss der Temperatur und des Bodenwassergehalts auf den Aufgang von 'Mercur'-Saatgut

Von pflanzenbaulichem Interesse ist neben der Höhe des Aufganges auch seine Dauer, also die Endaufgangszeit in Tagen. Bei 15 °C dauerte es bis zum Abschluss des Aufganges durchschnittlich 46 Tage (Tabelle 2). In der Variante 40 und 50% WK_{max} waren es 47 und in den übrigen Varianten 45 Tage. Die Temperaturen 20 bis 30 °C bewirkten keine großen Unterschiede. Die Dauer betrug durchschnittlich 30 Tage. Ähnlich gleichmäßige Aufgangszeiten von durchschnittlich 34 Tagen wurden in den verschiedenen Varianten des Bodenwassergehalts festgestellt. Der Faktor Temperatur beeinflusste die Aufgangsdauer zu 96% (Tabelle 3). Zurückzuführen ist dieses Ergebnis auf die große zeitliche Differenz zwischen 15 °C und den übrigen Temperaturen.

Tabelle 3: Einfluss der Faktoren Temperatur und Wasser auf den Aufgang und die Aufgangsdauer bei *Asparagus officinalis*-Saatgut

Faktor	Einfluss in Prozent		
	Aufgang 'Eposs'	Aufgang 'Mercur'	Aufgangsdauer 'Eposs' und 'Mercur'
Temperatur	4	1	96
Wasser	77	45	0
Wechselwirkung	14	12	0
Rest	5	42	4

Diskussion

Die vorgestellten Ergebnisse sind bei konstanten Temperaturen ermittelt worden, um den optimalen Keimtemperaturbereich zu erfassen. Er erstreckte sich für Saatgut beider Sorten von 15 bis 30 °C und ist damit zu eher höheren Temperaturen

verschoben. Bei Saatgut 'Ruhm von Braunschweig' war er in einem früheren Versuch auf 20 bis 30 °C eingeschränkt (Kretschmer, 2000). Die Keimergebnisse lagen bei 72%. In einer älteren Geisenheimer Vorstudie wies 'Schwetzinger Meisterschuss'-Saatgut nur bei 25 °C eine Keimfähigkeit von 90% und 'Huchels Leistungsauslese'-Saatgut nur bei 20 °C eine von 94% auf (Piernitzki u. Hermann, 1972). Die übrigen Temperaturen reduzierten die Keimfähigkeit. Saatgut beider Sorten wies somit einen sehr eingeschränkten optimalen Keimtemperaturbereich auf. Die Ergebnisse zeigen starke sortenspezifische Einflüsse, wobei über mögliche Herkunftseinflüsse keine Aussage gemacht werden kann.

Unabhängig von den Untersuchungen bei konstanten Temperaturen erfolgt die amtliche Prüfung der Keimfähigkeit nach den ISTA-Vorschriften bei der Wechseltemperatur 20 (16h) – 30 °C (8h). Der Endauszähltag ist auf 28 festgelegt. Damit wird die lange Keimdauer deutlich. Bekanntlich beruhen die ISTA-Vorschriften auf Ergebnissen langjähriger nationaler und internationaler Enquete-Untersuchungen. Aus der Wechseltemperatur mit festgelegter Zeitfolge ist nicht abzulesen, dass Spargel-Saatgut bei Temperaturen um 20 bis 30 °C geprüft wird (Hartmann, 1989a). Die Wechseltemperatur 20 – 30 °C sowie die meist hohen Keimergebnisse von Saatgut der angeführten Sorten bei 25 bis 30 °C sprechen auch gegen den Hinweis, die Bodentemperaturen sollten nach der Aussaat nicht über 25 °C ansteigen (Hartmann, 1989b).

Die Keimergebnisse von 85 und 94% des Saatguts beider Sorten bestätigen eine hohe Qualität. Eine weitere Qualitätsverbesserung, wie die Forderung aus der Praxis lautet (Meyer, 2001), wird kaum möglich sein. Nach dem Saatgutverkehrsgesetz beträgt die Mindestkeimfähigkeit 70%. Die von Cato empfohlenen 2 bis 3 Korn deuten auf eine wesentlich niedrigere Keimfähigkeit zur damaligen Zeit hin.

Aus den Aufgangsergebnissen lassen sich ebenfalls Hinweise für die Jungpflanzenproduktion ableiten. Zunächst ist auf die hohen Aufgänge bei 15 bis 30 °C und bei Bodenwassergehalten ab 60% WK_{max} sowie auf die lange Aufgangsdauer von durchschnittlich 46 Tagen bei 15 °C hinzuweisen. Die Ergebnisse sprechen zunächst für eine Aussaat im Mai bei ausreichender Bodenfeuchte. 14,7 °C war der monatliche Durchschnittswert aus drei Jahren für den Mai, während er im April 10,4 °C betrug ((Kretschmer u. Strohm, 1988)). Doch steigen im Laufe des April die Temperaturen stetig an, so dass eine Aussaat gegen Ende des Monats, etwa ab 20. April, weniger kritisch erscheint und den Jungpflanzen eine längere Vegetationszeit zur Verfügung steht. Mit dem weiteren Temperaturanstieg im Mai bei gleichzeitig zunehmender Tageslänge dürfte der Aufgang kürzer als 46 Tage sein, wie er bei 15 °C ermittelt wurde. Damit kann der Aufgang nach der Monatsmitte erfolgen, sobald die Spätfröste (Eisheilige) vorüber sind. Eine zu frühe Aussaat im April ist eine Risiko-Aussaat, die nicht zuletzt wegen der längeren Aufgangsdauer verbunden mit einem länger anhaltenden Infektionsdruck im Boden verbunden ist.

Die Jungpflanzenproduktion ist also mit zwei Zielen konfrontiert: Ein hoher und schneller Aufgang sowie möglichst große Jungpflanzen. Sie unterliegt somit einem pflanzenbaulichen Dilemma (Zwangslage). Bei zu früher Aussaat reduzieren niedrige Temperaturen den Aufgang. Spätere Aussaaten verursachen zu kleine Jungpflanzen.

Ein weiterer Diskussionspunkt ist die starke sortenspezifische Reaktion gegenüber Bodenwassergehalten von 40 und 50% WK_{max} bei 15 und 30 °C. Aufgangsuntersuchungen bei denselben Bedingungen und zusätzlich bei 10 °C mit

Saatgut zweier Sorten von Stiefmütterchen (Kretschmer, 1994), Rettich (Kretschmer, 1998) und Feldsalat (Kretschmer, 1999), ergaben ein völlig anderes Verhalten. Zwischen den Ergebnissen zweier Sorten einer Art bestanden fast identische Ergebnisse. Damit weicht das Verhalten des geprüften Spargel-Saatguts vollständig von dem der genannten Arten ab.

Zusammenfassung

Saatgut zweier Spargelsorten wurde bei 10 bis 35 °C (5er Schritte) in Faltenfiltern auf seine Keimfähigkeit geprüft. ´Eposs II´-Saatgut keimte bei 15 bis 30 °C zwischen 90 und 94 und ´Merkur´-Saatgut zu annähernd 85%. 10 °C reduzierte die Keimfähigkeit auf 82 beziehungsweise auf 71% und verlängerte die Prüfung auf 70 Tage. 35 °C unterdrückten die Keimung vollständig.

Aufgangsuntersuchungen erfolgten in einem lehmigen Sand bei 15 bis 30 °C (5er Schritte) und bei Bodenwassergehalten von 40 bis 80% WK_{max} (10er Schritte). Für ´Eposs II´-Saatgut betrug der Aufgang in den Varianten 15 bis 25 °C zwischen 85 und 88% und in der Variante 30 °C 82%. In der Bodenwassergehalts-Variante 40% WK_{max} lag der Aufgang bei 66 und in der Variante 50% WK_{max} bei 84%. In den Varianten 60 bis 80% WK_{max} wurden Werte von 91 und 93% errechnet. ´Merkur´-Saatgut reagierte in den Varianten 15 bis 30 °C mit einem Aufgang von 81%. In den Bodenwassergehalts-Varianten 40 und 50% WK_{max} lag der Aufgangswert bei 76 beziehungsweise 78%. Für die Varianten 60 bis 80% WK_{max} wurden Werte von 82 bis 84% ermittelt.

Literatur

- Hartmann, H. D., 1989a: Spargel. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
Hartmann, H. D., 1989b: Spargel. In Rehm, S., Spezieller Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Band 4, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 276-278
Knaflowski, M., 1985: Effects of cultural practices on the quality of *Asparagus* crowns. *Asparagus* Symposium, Univ. of Guelph, 388-396
Kretschmer, M., 1994: Aufgang von Viola-Saatgut. *Gemüse*, **30**, 305-309
Kretschmer, M., 1995: Influence of temperature and soil water on the emergence of *Cucumis sativus* L. seeds. *Acta Horticulturae*, 396, 337-344
Kretschmer, M., 1998: Aufgang von Rettich-Saatgut. *Gemüse*, **34**, 237-240
Kretschmer, M., 1999a: Aufgang von Möhren-Saatgut. *Gemüse*, **35**, 102-104
Kretschmer, M., 1999b: Aufgang von Feldsalat-Saatgut. *Gemüse*, **35**, 370-372
Kretschmer, M., 2000: Das Saatgutportrait: Spargel (*Asparagus officinalis* L.). *Gemüse*, **36**, 5/62
Kretschmer, M. und Strohm, E., 1988: Zwiebel- und Blütenbildung bei *Allium cepa* L. Teil III, *Gemüse*, **24**, 402-403
Krug, H., 1991: Gemüseproduktion. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
Meyer, B., 2001: Direktsaat bei Spargel mit Saadbändern. *Gemüse*, **37**, 9/27
Piernitzki, A. und Hermann, G., 1977: Einfluss unterschiedlicher Temperaturen auf die Keimung von Spargel. Geisenheim, unveröffentlicht
Rehm, S. und Espig, G., 1996: Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
Thielscher, P., 1963: Marcus Cato Belehrung über Landwirtschaft. Verlag Duncker und Humblot, Berlin, Latein und Deutsch
Herrn Professor Dr. Dr. h.c. A. M. Steiner zum 65. Geburtstag gewidmet.

Der ISTA Akkreditierungs Standard; der weltweit einheitliche Weg zur Qualität

Leist, Norbert (Karlsruhe)¹, LUFA Augustenberg

„Eine der größten Gefahren bildet in der Landwirtschaft Saatgut, welches nicht in der Lage ist, von der gewünschten Sorte eine gute Ernte hervorzubringen“. Aus dieser Einleitung zu den Vorschriften der Internationalen Vereinigung für Saatgutprüfung (ISTA) geht hervor, welchen Stellenwert Saatgut besitzt und es lässt sich ableiten, daß für den nationalen wie internationalen Saatguthandel der zuverlässige Nachweis der Saatgutqualität unumgänglich ist. Damit dies international möglich ist, wurde ~ nachdem nationale und regionale Ansätze nicht zielführend waren ~ 1924 die Internationale Vereinigung für Saatgutprüfung gegründet. Gemäß ihrer Satzung ist die ISTA eine unabhängige internationale wissenschaftlich technische Vereinigung zur Entwicklung und Validierung von Methoden für die Probenahme und Untersuchung von Saatgut, zur Sicherung der Qualität bei deren Anwendung durch Akkreditierung von Laboren und zur Ausstellung Internationaler Zertifikate über Saatgutpartien sowie der Förderung der Saatgutforschung; sie ist nicht politisch und nicht gewinnorientiert.

Um diese Aufgaben zu erfüllen hat die ISTA 17 Komitees, die in der Methodenentwicklung arbeiten sowie Schulungen zur korrekten Anwendung der Methoden anbieten. Die Methoden werden jeweils auf der Vollversammlung vorgestellt, diskutiert und von allen 74 Mitgliedsstaaten abgestimmt, sodass mit den ISTA-Vorschriften ein weltweit einheitliches Regelwerk vorliegt. Zum Leistungsnachweis wurden bereits in ersten Jahren der ISTA Vergleichsuntersuchungen eingeführt, später drei in jedem Jahr fest installiert die - zentral organisiert und ausgewertet - jedem Labor zeigen, wo es im Vergleich zum internationalen Feld liegt. Im Zuge der Einführung eines ISTA Akkreditierungsstandards werden seit 2001 die Ergebnisse dieser Vergleichsuntersuchungen auch zur Bewertung der einzelnen Stationen herangezogen. Ein wohl ausgefeiltes System an Beurteilungskriterien setzt den jeweiligen Status eines Labors fest und gliedert 3 Stufen, sehr gut, gut und befriedigend, während bei Nichterfüllung die Erlaubnis zur Ausstellung von ISTA Zertifikate erlischt.

Die Labore erkennen so ihre Schwachstellen rechtzeitig und haben die Möglichkeit diese auszuräumen. Für die Nutzer der ISTA Atteste ist die Sicherheit gegeben mit einem ISTA-Attest stets zuverlässige Ergebnisse über die wahre Qualität einer Saatgutpartie zu erhalten, die sich weltweit in allen Laboren reproduzieren lassen.

Um die Absicherung der Qualität der Untersuchungsergebnisse weiter zu erhöhen und den internationalen Qualitätsstandards zu folgen hat die ISTA 1995 ihren eigenen ISTA „Seed Testing Accreditation Standard“ verabschiedet. Dieser Standard regelt gleichermaßen für alle ISTA Labore weltweit die Qualitätsanforderungen für Probenahme und Untersuchung und, da er ein Labor- und nicht auf Personen bezogener Standard ist, regelt er neben der Personalqualifikation auch die Bedingungen für Management, Räume, Gerätschaften, Kalibrierung, Berichterstattung. Der Standard beruht auf dem ISO 25, geht jedoch in wichtigen Bereichen deutlich weiter – genannt seien hier nur Probenahme und Berichterstattung. 2001 wurde er aufgrund der Erfahrungen in der ISTA und der

¹ eMail: norbert.leist@bio-geo.uni-karlsruhe.de

Weiterentwicklung des ISO Standards zum ISO 17025, angepasst und 2002 in einer Neufassung vom Vorstand der ISTA verabschiedet. Damit steht ein Standard zur Verfügung, der eine horizontale Akkreditierung ermöglicht und durch seine Konzentration auf die saatzspezifischen Anforderungen zur weltweiten Einheitlichkeit entscheidend beiträgt.

Die Inhalte sind folgendermaßen gegliedert.

1. Ziel und Zweck
2. Definitionen
3. Management Anforderungen
 - Unabhängigkeit, Mitarbeiter Verantwortung, -Vertretung, -Schulung
4. Mitarbeiter
5. Umgebung, Ausrüstung, Kalibrierung
6. Partie Identifizierung, Probenahme und Handhabung der Proben
7. Methoden und Verfahren
8. Untersuchungsberichte und Zertifikate
9. Unterlagen
10. Qualitätsmanagement-System
 - Handhabung des Qualitätsmanagement-Systems
 - Dokumenten Kontrolle
 - Qualitätskontroll Verfahren
 - Kontrolle von nicht konformer Probenahme und Untersuchung
 - Richtigstellungen und Beschwerden
 - Überblick zu Anfragen und Vereinbarungen
 - Audits
 - Übersicht durch Management

Demnach ist jedes ISTA-Labor verpflichtet ein Qualitätsmanagement Handbuch zu erstellen sowie Standardarbeitsanweisungen für alle anfallenden Arbeiten im Labor sowie Schulungsunterlagen, Kontrollverfahren, Geräteakten und Kalibrierungsvorschriften einzusetzen. Deren Vorhandensein und Anwendung wird von der Akkreditierungsgruppe des ISTA Sekretariats geprüft, dies sind, zwei festangestellte Systemauditor sowie 10 technische Auditor, die zumeist Leiter von Saatgutprüfstellen sind.

Neben der Aktenprüfung erfolgt alle drei Jahre ein Audit vor Ort durch einen Systemauditor und einen technischen Auditor. Die enge Führung im Sekretariat, der Einsatz einer kleinen Gruppe technischer Auditor, regelmäßige Treffen und Aussprachen tragen dazu bei, daß diese Audits nicht nur eine Prüfung des Labors sind, sondern daß durch die weltweite Erfahrung auch wertvolle fachliche Hilfestellungen gegeben werden können. Besonders wichtig erscheint, daß es so

möglich ist, trotz des weltweit sehr unterschiedlichen kulturellen Hintergrundes und verschiedenartiger Mentalitäten in den einzelnen Ländern, einen einheitlichen Qualitätsgedanken in allen Laboren zu installieren. Die Beratung zur Optimierung, die Vertiefung der Kontakte mit dem ISTA Sekretariat tragen wesentlich dazu bei, daß die Idee der ISTA – Familie gestärkt wird, ein Motivationsfaktor, der nicht genug betont werden kann.

Dies sind zugleich die Punkte welche eine ISTA Akkreditierung gegenüber nationalen und internationalen Bereichsakkreditierungen, die vertikal gegliedert sind, positiv abheben. Diese Bereichsakkreditierungen, die über die International Laboratory Accreditation Conference, ILAC mit gegenseitigen Anerkennungsverträgen nationaler Akkreditierungsgesellschaften arbeiten, können niemals die Dichte der Information erreichen und die Einheitlichkeiten in der Beurteilung der akkreditierten Stationen wie dies durch das horizontale ISTA System möglich ist.

Dies ist auch von der Gremien der ILAC erkannt worden, wo derzeit Überlegungen angestellt werden, wie solch effektive horizontale Akkreditierungsgruppen eingegliedert werden können. Die ISTA nimmt hier eine Vorreiterrolle ein und arbeitet in den entsprechenden Gremien mit.

Ein immer wieder genannter Einwand, die Kosten einer ISTA Akkreditierung seien zu hoch, konnte durch eine Übersicht der Kosten im nationalen Bereich widerlegt werden – es zeigt sich im Gegenteil, daß die ISTA einen der niedrigsten Kostenansätze hat – außer in solchen Staaten, wo die Akkreditierung als Staatsaufgabe gesehen und subventioniert wird. Die gleichmäßige Verteilung der Kosten stellt darüber hinaus sicher, daß mit dem kleinen Expertenteam weltweit die größtmögliche Harmonisierung erreicht wird.

Der 1. Audit der ISTA fand am 03.12.1996 in Jena statt und entgegen manchen pessimistischen Prognosen waren im Juni 2001 alle 94 ISTA–Labore auditiert und reakkreditiert, eine bemerkenswerte Leistung, die nur mit einer engagierten hoch motivierten Akkreditierungsgruppe verwirklicht werden konnte. Bereits im Jahr 1999 wurden die ersten Labore zum zweiten Mal auditiert.

Es lag nun nahe eine Auswertung der ersten Auditrunde vorzunehmen, um festzustellen, wo die ISTA steht, welches die Hauptprobleme der Labore sind, wo Handlungsbedarf angezeigt ist. Diese Aufgabe hat dankenswerterweise Frau Bülow-Olsen aus Dänemark, eine der technischen Auditorinnen, übernommen und hierfür 65 Audit-Checklisten ausgewertet.

Nach Anonymisierung der Daten wurden alle festgestellten Abweichungen in Kategorien aufgeteilt: Organisation, Management, Mitarbeiter, Probenahme, Saatgutprüfung, Ausrüstung, Umgebung, Kalibrierung, Unterlagen und Qualitätssystem.

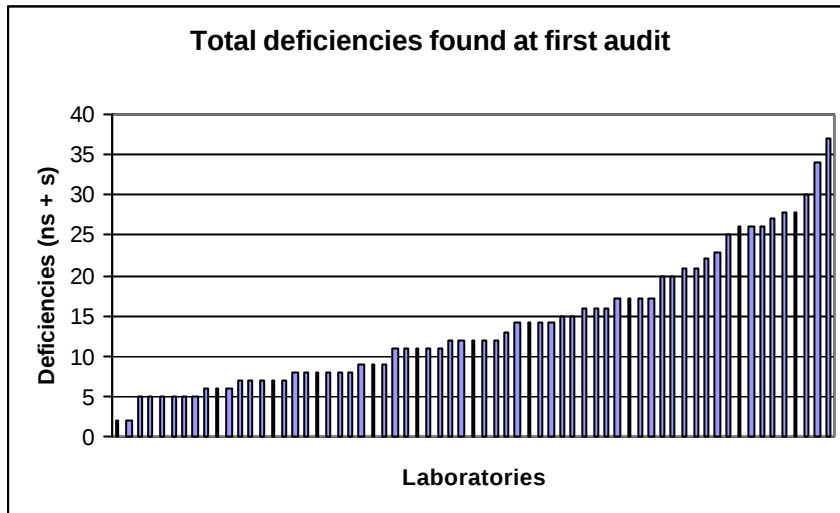


Abb. 1 Anzahl aller Abweichungen der ersten Auditrunde (65 Laboratorien)

Die Gesamtzahl der Abweichungen in der ersten Auditrunde betrug 911 das sind bei 65 Laboren im Durchschnitt 12 Abweichungen je Labor. Dabei hatten 30 Labore 11 und weniger Abweichungen. Diese Abweichungen waren gegliedert in substantielle und nicht substantielle Abweichungen.

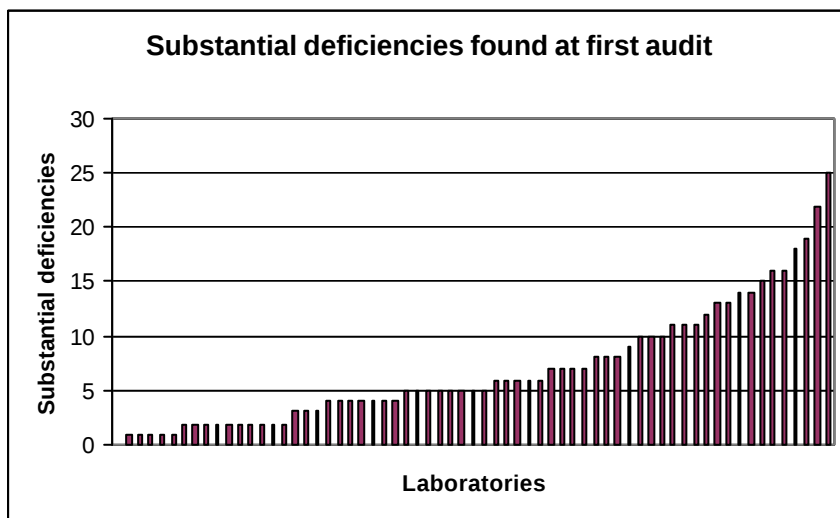


Abb. 2 Verteilung der substanziellen Abweichungen, das sind solche, die Wegen ihrer Auswirkungen auf die Untersuchungsergebnisse in befristeter Zeit behoben werden müssen.

50 Labore hatten weniger als 10 und 33 weniger als 5 substantielle Abweichungen.

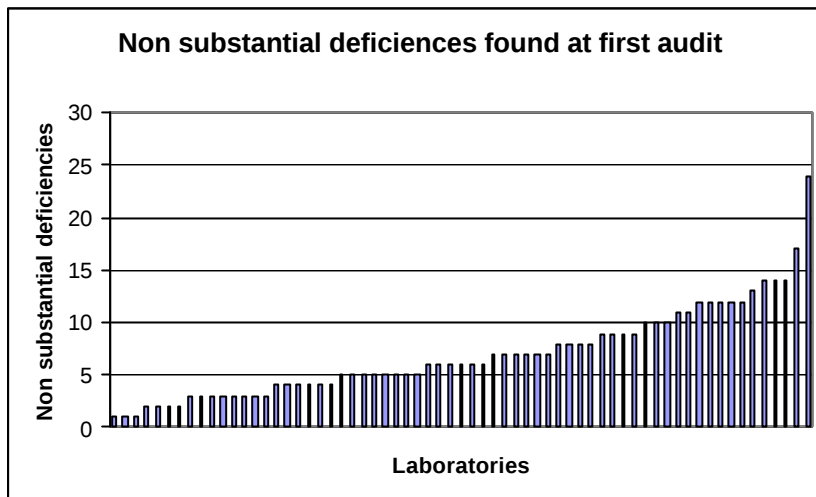


Abb. 3 Verteilung der nicht substantiellen Abweichungen, welches solche sind, die bis zum nächsten Audit behoben sein müssen.

Nur ein Labor hatte eine unerwartet hohe Anzahl an nicht substantiellen Abweichungen, die Mehrzahl der Labore hatte weniger als 10 nicht substantielle Abweichungen.

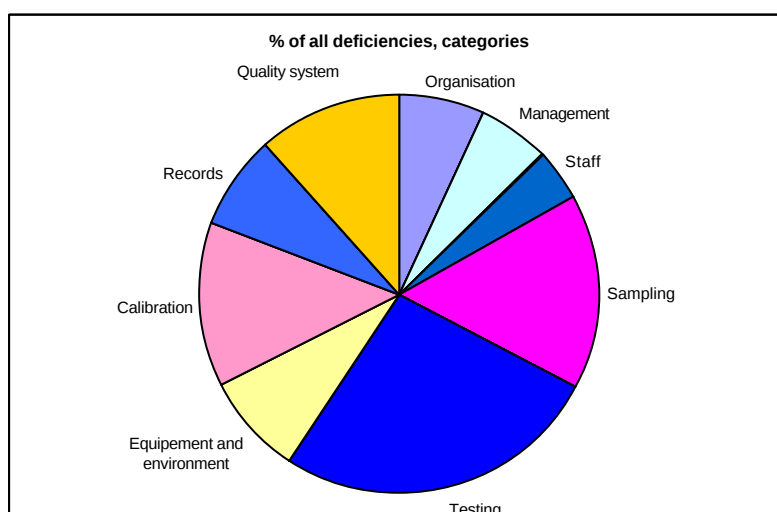


Abb. 4 Alle Abweichungen nach Kategorien sortiert

Die Sortierung der Abweichungen nach den Kategorien ergab, daß die meisten Abweichungen sich bei der Probenahme, Saatgutprüfung und Kalibrierung fanden. Bei den substantiellen Abweichungen waren Probenahme und Prüfung, mit über 50 % der substantiellen Abweichungen vertreten während es bei den nicht substantiellen Abweichungen die Prüfung und Kalibrierung waren.

Einige Punkte in den Checklisten zeigten mehrfache Abweichungen, was eine ernsthafte Schwäche anzeigt. Die Kategorien waren auch hier Probenahme, Prüfung und Kalibrierung.

Positiv fallen die Kategorien Ausrüstung, Mitarbeiter, Organisation, Management und Unterlagen auf. Grundsätzlich kann festgestellt werden, daß 1/3 der Abweichungen auf den Systembereich und 2/3 auf den technischen Bereich entfallen.

Durch die Anonymisierung ist es nicht möglich Schlüsse auf mögliche Unterschiede in verschiedenen Regionen der Welt oder bestimmte Gruppierungen zu ziehen.

Die Anzahl der Abweichungen in den Laboren führte in der ISTA Akkreditierungsgruppe zu Überlegungen eine Höchstzahl von Abweichungen festzulegen. Da jedoch anzunehmen ist, daß diese erste Auditrunde auch eine klare Erziehungsaufgabe war, sollte sich die Anzahl der Abweichungen in den nächsten Audits deutlich verringern.

Es ergeben sich also deutliche Schwachpunkte, für die von den ISTA Komitees und dem Sekretariat Aktivitäten durch Workshops und Fortbildung gefordert werden, wie für die Probenahme ~ die einen wesentlichen Teil der Arbeit in akkreditierten Laboren darstellt und für die Kalibrierung ~ ein Verfahren, das für viele Labore einen völlig neuen Aufgabenbereich bedeutete.

Dass gerade in der Prüfung des Saatguts so viele Abweichungen festgestellt wurden verwundert, da die Labore gerade hier sehr erfahren sind. Es ist zu vermuten, daß hier die fachliche Diskussion mit den erfahrenen technischen Auditoren dafür gesorgt hat, daß die Auslegung der ISTA Vorschriften nun tatsächlich einem durchgängigen Muster folgt.

Die ersten Reakkreditierungen der zweiten Runde zeigen denn auch ein deutlich besseres Bild und so wurde auch erstmals eine ISTA Station, die Forstsaatgutprüfstelle in Tschechien, ohne jede Auflage reakkreditiert – d. h. es wurden keinerlei Abweichungen festgestellt, ein leuchtendes Vorbild!

Mit der ISTA Akkreditierung steht somit allen die sich mit Saatgut befassen ein harmonisiertes System zur Verfügung, mit dem sichergestellt ist, daß der ISTA Untersuchungsbericht die tatsächliche Qualität einer Saatgutpartie wiedergibt.

Vor diesem Hintergrund verwundert es, daß beispielsweise die USA im Alleingang auf ihrer Personenakkreditierung beharren und die OECD als eine weltweit operierende Vereinigung neben der ISTA Akkreditierung auch nationale Akkreditierungen akzeptiert, die fallweise wie bereits bekannt wurde auf einer reinen Papierprüfung beruhen oder überhaupt nur abgestempelt werden, also genau das Gegenteil einer weltweit einheitlichen Untersuchungsmethodik erreichen. Doch auch in Deutschland wird für die Saatgutankennung, die vornehmlich dem Verbraucherschutz dienen soll, fallweise nicht konsequent nach dem ISTA-System gearbeitet. Dabei wäre in Deutschland gerade nach der Beteiligung von Privat- und Firmenlaboren am EU Experiment eine Einheitlichkeit in der Saatgutprüfung für alle Labore dringend zu fordern und mit einer ISTA Akkreditierung leichthin möglich.

Wenn hier durch Länderpartikularismus das Ziel der „Einheitlichkeit in der Saatgutprüfung“ verloren geht, sind nicht nur die Verbraucher geschädigt sondern längerfristig leidet der gesamte deutsche Saatgutmarkt darunter. Dabei sind nach dem deutschen Saatgutgesetz die Forderungen an eine Saatgutpartie klar festgelegt, seit Prof. F. Nobbe 1869 wissen wir um die Forderung nach einheitlichen Methoden und seit 1924 haben wir eine international einheitliche Untersuchungsmethodik.

Von Prof. Steiner haben wir 2001 in Kassel die klassischen Ausarbeitungen zur Bedeutung des Saatguts gehört:

„Saatgut ist das grundlegende Betriebsmittel für die landwirtschaftliche Produktion und damit für die Nahrungsmittelerzeugung. Saatgut besitzt die unbestrittenen Schlüsselfunktion: mit dem Saatgut erhält der Landwirt den züchterischen Fortschritt und den technologischen Fortschritt und damit Produktionssicherheit in die Hand.

Saatgut ist die Ware in Verkehr mit Pflanzenmaterial, Saatgut ist Gegenstand geistigen Eigentums und mithin der Geltendmachung von Sortenschutz- und Patentrechten, Saatgut ist Träger der Biodiversität und Gegenstand ihrer Erhaltung.

Der weltweite gesellschaftspolitische Diskurs über den Schutz der pflanzengenetischen Ressourcen, Züchterrechte als geistigem Eigentum, Biotechnologie, Gentechnologie, Nahrungsmittelproduktion und Umwelt und damit einhergehend die Bemühungen um eine einvernehmliche Regelung des internationalen Saatgutverkehrs belegen anschaulich die zentrale Bedeutung des Saatguts für die Sicherung der Nahrungsmittelversorgung der Menschheit. So bedeutet die Verfügbarkeit von Saatgut Macht und Verpflichtung. Im volkswirtschaftlichen Interesse der Förderung der Landeskultur, zum Schutze des Verbrauchers und zur Erhaltung der Biodiversität und pflanzengenetischen Ressourcen sind die Staatengemeinschaft und die Politik gefordert.“

Das ISTA-System bestehend aus Methodenentwicklung, Laborakkreditierung, Vergleichsuntersuchung, Zertifikat-Erstellung ist nach 78 Jahren voll ausgereift und folgt gerade dadurch voll Schwung den neuesten Entwicklungen, es ist leistungsfähig, international anerkannt, unabhängig und kostengünstig. Für alle die im Saatgutwesen an hoher Qualität interessiert sind, ist es der Garant sowohl für die „Einheitlichkeit in der Saatgutprüfung“, als auch besonders durch den ISTA Akkreditierungsstandard mehr als je zuvor für die „Einheitlichkeit in den Ergebnissen“.

Qualitätssicherung bei der Saatgutproduktion von Gräsern als Voraussetzung zur Etablierung leistungsfähiger Ackerfutterbestände

Ch. Schiefer und E. Tewes¹

Einführung

Deutsche Milchviehbetriebe weisen trotz BSE-Krise und Futtermittelskandalen eine enorme Leistungssteigerung von ca. 120 kg Milch pro Kuh und Jahr aus. Eine der wichtigsten Voraussetzungen dafür ist eine hohe Grundfutterqualität. Faktoren, die eine hohe Futterqualität und damit eine optimale Grundfutterleistung garantieren, sind die standortgerechte Wahl einer geeigneten Futterpflanzenart bzw. -sorte und die Etablierung eines leistungsfähigen Ausgangsbestandes.

Es gilt neben der Optimierung der Bewirtschaftungsfaktoren wie Nutzung, Düngung und Pflege, solches Saatgut einzusetzen, das die Bildung höchster Qualitäten und Energieerträge ermöglicht. Zur Sortenwahl können die Ergebnisse aus Landessortenversuchen herangezogen werden. Der Kauf zertifizierten Saatgutes der entsprechenden Sorten ist die Grundlage zur Ausschöpfung des genetischen Ertragspotentials. Gesundes Saatgut ist ein existenzieller Produktionsfaktor im landwirtschaftlichen Erzeugungsprozess. Im Vermehrungsbetrieb wird die Grundlage gelegt für eine hohe Qualität des Saatgutes und damit für gesunde, leistungsfähige Futterbestände. Fehler oder Versäumnisse in dieser Phase können später nur noch zum Teil und mit hohem Aufwand kompensiert werden. In folgendem Beitrag werden deshalb die wichtigsten Schwachstellen bei der Vermehrung, die im Rahmen der Feld- bzw. Saatgutprüfung im Laufe der letzten 5 Jahre gefunden wurden, aufgelistet und Hinweise zur Mängelabstellung gegeben.

Untersucht wurden Vermehrungsvorhaben bei den wichtigsten in Sachsen angebauten Gräsern: Einjähriges Weidelgras, Wiesenschwingel, Welsches Weidelgras, Wiesenlieschgras, Rotschwingel und Deutsches Weidelgras. Der Vermehrungsumfang je Grasart schwankt jährlich zwischen 900 und 1.500 ha.

¹ Dr. Ch. Schiefer und Dipl. agr. ing. E. Tewes, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Sortenprüfung und Feldversuchswesen, Waldheimer Str. 219, 01683 Nossen; eMail: christian.schiefer@fb05.lfl.smul.sachsen.de

Untersuchungsergebnisse aus der Feldbestandsprüfung

Die Gründe für Aberkennungen, die in der Feldbestandsprüfung von 1997 - 2001 auftraten, sind in folgender Tabelle aufgeführt.

Tabelle 1: Ursache und Umfang der Aberkennungen zur Feldbestandsprüfung in Sachsen, Summe der Jahre 1997 - 2001 in ha

Kulturart	Aberkennungsgründe und Fläche in ha			S
	schwer trennbare Art.(Unkräuter)	andere Kulturarten	Sonstige	
Einjähriges Weidelgras	14	15	2	31
Wiesenschwingel	30	1	5	36
Welsches Weidelgras	-	-	-	0
Wiesenlieschgras	-	-	-	0
Rotschwingel	1	3	4	8
Deutsches Weidelgras	-	-	-	0
S	45	19	11	75
davon	37 wegen Quecke 5 wegen Krausem bzw. Stumpfbblättrigem Ampfer 3 wegen Flughafer	19 wegen (anderer) Weidelgräser bzw. Weidelgras im Rotschwingel	9 wegen nicht ordnungsgemäßigem Kulturzustand 2 wegen Nichteinhaltung Mindestentfernung	

Bei der Feldbestandsprüfung wurden im Berichtszeitraum jährlich weniger als 1 % der Vermehrungsfläche als nicht anerkennungsfähig eingestuft. Im gleichen Zeitraum wurden ca. 350 ha nach § 8 (2) der Saatgut-Verordnung nur bedingt feldanerkant, d. h. für eine Zertifizierung ist eine erfolgreiche Saatgutreinigung und anschließende Beschaffenheitsprüfung durchzuführen. Hauptmängel der Bestände waren im Wesentlichen Queckenbesatz, Besatz mit anderen Weidelgräsern sowie der nicht ordnungsgemäße Kulturzustand einiger Flächen. Besatz mit Ampfer und Flughafer trat häufig auf, konnte aber durch Selektion unter die Aberkennungsgrenze bereinigt werden. Die Nichteinhaltung von Mindestentfernungen spielte eine untergeordnete Rolle.

Untersuchungsergebnisse aus der Saatgutprüfung

Im Rahmen der Beschaffenheitsprüfung von zertifiziertem Gräser Saatgut werden entsprechend der Saatgutverordnung die Parameter Reinheit, Besatz mit anderen Pflanzenarten, Keimfähigkeit und auch Kriterien wie Gesundheitszustand und Feuchtigkeit nach Anforderung geprüft. Alle Saatgutuntersuchungen werden hinsichtlich der anzuwendenden Methode und der Untersuchungsprobengröße entsprechend den gültigen ISTA-Vorschriften durchgeführt. Von 3862 Saatgutproben der Erntejahre 1997 bis 2001 wurden die Ergebnisse der Beschaffenheitsprüfung ausgewertet.

Die technische Reinheit

Bei der Reinheitsuntersuchung wird der prozentuale Anteil der reinen Samen, Samen anderer Pflanzenarten und der unschädlichen Bestandteile festgestellt. Es darf nur ein bestimmter, festgelegter Masseprozentsatz an Verunreinigungen wie Stängelteile, sterile Spelzfrüchte, Samenbruchstücke, Erde, Sand, Sclerotien u.a. enthalten sein. Die analysierten Untersuchungsergebnisse zeigt *Tabelle 2*.

Tabelle 2: Technische Reinheit (%) 1997 bis 2001 ausgewählter Gräserarten

Fruchtart	Proben- anzahl	Technische Reinheit in %						
		Norm	1997	1998	1999	2000	2001	Ø
Deutsch. Weidelgras	427	96	98,9	98,5	98,4	98,4	98,8	98,6
Welsch. Weidelgras	1469	96	99,5	99,5	99,0	99,2	99,5	99,3
Einjähr. Weidelgras	983	96	99,2	99,3	99,0	99,2	99,4	99,2
Wiesenschwingel	608	95	98,6	98,3	98,4	98,5	97,7	98,3
Wiesenlieschgras	218	96	99,5	99,6	99,5	99,5	99,6	99,5
Rotschwingel	157	90	97,6	94,2	96,5	96,6	97,4	96,5

Alle Grasarten erreichten Ergebnisse, die weit über den geforderten technischen Mindest-reinheiten liegen. Dabei zeigen sich jedoch die fruchtartenspezifischen Besonderheiten sowohl in den gesetzlich vorgeschriebenen Normen als auch in den Ergebnissen. Ursache für niedrigere Ergebnisse ist der höhere Anteil steriler Spelzfrüchte, vor allem bei Rotschwingel, aber auch bei Wiesenschwingel und im geringem Ausmaß bei Weidelgräsern.

Der Einfluss des Erntejahres spielt, außer bei Rotschwingel, eine geringere Rolle als die Grasart.

Besatz mit anderen Pflanzenarten

Der Besatz mit anderen Pflanzenarten ist auch bei Gräsern ein wichtiger Qualitätsparameter. Es darf nur ein bestimmter Höchstbesatz, bezogen auf eine vorgeschriebene Untersuchungsmenge in Prozent und Stückzahl enthalten sein.

Die Ergebnisse, die Tabelle 3 zeigt, sind als gut einzuschätzen. Sie liegen weit unter dem möglichen Höchstbesatz laut Saatgutverordnung, der bei Zertifiziertem Saatgut 1,5 % und bei Basissaatgut 0,3 % beträgt.

Tabelle 3: Fremde Pflanzenarten (%) 1997 bis 2001 ausgewählter Gräserarten

Fruchtart	Proben- anzahl	Andere Pflanzenarten in %					Ø
		1997	1998	1999	2000	2001	97-01
Deutsch. Weidelgras	427	0,13	0,06	0,09	0,07	0,07	0,08
Welsch. Weidelgras	1469	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Einjähr. Weidelgras	983	0,08	0,03	0,02	0,01	0,00	0,03
Wiesenschwingel	608	0,10	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06
Wiesenlieschgras	218	0,15	0,09	0,09	0,09	0,05	0,09
Rotschwingel	157	0,20	0,03	0,05	0,03	0,03	0,07

Problemunkräuter und Ungräser

An die gefährlichen Unkräuter - Quecke, Ackerfuchsschwanz, Ampfer und Flughafer werden in der Saatgutverordnung besondere Anforderungen gestellt. Während die drei erstgenannten bei Zertifiziertem Saatgut mit 5 Stück im Besatz begrenzt sind, muss Saatgut aller Fruchtarten "Flughafer-Freiheit" aufweisen.

In Sachsen ist das Vorkommen dieser 4 Unkräuter sehr unterschiedlich. Eine Auswertung wird in folgender Tabelle vorgenommen.

Tabelle 4: Vorkommen von Problemunkräutern im Zeitraum 1997 bis 2001

Fruchtart	Anzahl Partien	Anteil der Parteien in % ohne Besatz mit			
		Quecke	Ackerfuchsschwanz	Ampfer ^{x)}	Flughafer
Deutsch. Weidelgras	427	80,1	100,0	97,8	100,0
Welsch. Weidelgras	1469	98,3	100,0	98,2	100,0
Einjähr. Weidelgras	983	90,0	100,0	97,6	100,0
Wiesenschwingel	608	91,9	99,7	99,3	100,0
Wiesenlieschgras	218	100,0	100,0	95,9	100,0
Rotschwingel	157	96,2	100,0	98,0	100,0

^{x)} Krauser und Stumpflättriger

Die am häufigsten vorkommende Art ist die Quecke, die aber nicht zur Aberkennung führte. Deutsches Weidelgras zeigt das schlechteste Ergebnis, ca. 20 % der Saatgutpartien weisen Queckebesatz auf. Obwohl der Flughafer auch in Sachsen in den letzten Jahren im "Vormarsch" ist, sind sämtliche Saatgutpartien der letzten fünf Jahre frei von Flughafer. Ähnlich, außer bei Wiesenschwingel, sieht es auch mit der 100 %igen Freiheit von Ackerfuchsschwanz aus.

Die Auswertung des Besatzes mit anderen Pflanzenarten ergab, dass weniger fremde Kultursamen als Unkrautsamen gefunden wurden.

An Kultursamen kommen am häufigsten Kultur-Rispen vor – sie sind z.B. in 35 % der Saatgutproben bei Wiesenschwingel und Wiesenlieschgras, 19 % bei Deutschem Weidelgras und nur 1,4 % bei Welschem Weidelgras analysiert worden. Weiterhin wurden Knaulgras vor allem bei Wiesenschwingel, Weidelgräser und anderen Grasarten, Brassica- und Kleearten gefunden.

Von den Unkräutern bzw. Ungräsern kommt neben den bereits genannten Problemkräutern die Einjährige Risppe am häufigsten vor, z.B. in 60 % der Proben von Deutschen Weidelgras, dagegen nur in 10 % bei Einjährigem Weidelgras und 7 % bei Welschem Weidelgras. Weitere häufige Unkräuter sind Windhalm, Weiche Trespe, Geruchlose Kamille, Gänsefuß, Stiefmütterchen, Miere, Ackervergissmeinnicht und Labkraut. Geringeres Vorkommen zeigen Rainkohl, Ehrenpreis, Ackerhellerkraut, Knötericharten und einige andere Unkräuter.

Sortenechtheit und Sortenreinheit lassen sich im Rahmen des Anerkennungsverfahrens nur durch die Feldbesichtigung und den Nachkontrollanbau

überprüfen. In der üblichen Beschaffenheitsprüfung ist eine Unterscheidung nicht möglich. In Ausnahmefällen kann die Elektrophorese zu Hilfe genommen werden.

Gesundheitszustand

Das Saatgut darf, laut Anlage 3 der Saatgutverordnung, nicht von lebenden Schadinsekten oder lebenden Milben befallen sein, wenn sich bei der Beschaffenheitsprüfung der Verdacht eines Befalls ergibt. Auch darf das Saatgut nicht von parasitischen Pilzen oder Bakterien belastet sein. Das Vorkommen von Milben und Staubläusen als Lagerschädlinge ist sehr selten. Dagegen treten vereinzelt Mutterkörner, vor allem bei Rotschwingel auf. Dies führte bei einer Saatgutpartie im Jahr 1997 zur Aberkennung. Eine Nachreinigung brachte nicht den entsprechenden Erfolg.

Keimfähigkeit

Qualitätssaatgut muss eine bestimmte Mindestkeimfähigkeit besitzen. Sie wird im Saatgutlabor an 4 x 100 oder 8 x 50 Samen ermittelt.

Die Keimfähigkeitsergebnisse der einzelnen Erntejahre sowie ihr 5-jähriger Mittelwert zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 5: Keimfähigkeit (%) 1997 bis 2001 ausgewählter Gräserarten

Fruchtart	Proben- anzahl	Keimfähigkeit in %						
		Norm	1997	1998	1999	2000	2001	Ø
Deutsch. Weidelgras	427	80	91,5	92,0	94,0	93,0	92,5	92,6
Welsch. Weidelgras	1469	75	90,0	89,5	90,5	89,0	92,0	90,2
Einjähr. Weidelgras	983	75	92,0	87,0	85,0	89,0	91,5	88,9
Wiesenschwingel	608	80	90,5	90,5	91,5	87,5	89,5	89,9
Wiesenlieschgras	218	80	92,2	92,0	89,0	91,5	93,5	91,6
Rotschwingel	157	75	89,5	89,0	90,0	88,0	90,5	89,4

Im Vergleich zur vorgeschriebenen Mindestkeimfähigkeit liegen die 5-jährigen Ergebnisse bei Deutschen Weidelgras mit 92,6 % und bei Lieschgras mit 91,6 % erfreulich hoch. Den niedrigsten Mittelwert von 88,9 % weist Einjähriges Weidelgras auf.

Ergebnisse der Anerkennung

Tabelle 6: Ergebnisse der Saatgutenerkennung ausgewählter Gräserarten der Jahre 1997 bis 2001

Fruchtart	Vorgestellte Saatgutpartien		Saatgutmenge nach Zertifizierung		
	Anzahl	in t	anerkannt in t	abernannt in t	in %
Deutsch. Weidelgras	427	3448,87	3386,79	62,08	1,80
Welsch. Weidelgras	1469	13259,44	12954,62	304,82	2,30
Einjähr. Weidelgras	983	9022,48	8905,91	116,57	1,29
Wiesenschwingel	608	5327,32	5263,34	63,98	1,20
Wiesenlieschgras	218	1835,79	1819,75	16,04	0,87
Rotschwingel	157	1186,07	1162,15	23,92	2,02
Gesamt	3862	34079,97	33492,56	587,42	1,72

Tabelle 7: Gründe und Umfang der Aberkennungen der Jahre 1997 bis 2001

Fruchtart	Aberkennungen in dt nach Gründen					
	Keimfähigkeit	Reinheit	Besatz m. and. Arten	Ampfer	Mutterkorn	Feuchte
Deutsch. Weidelgras	297,61	224,42	0	98,80	0	0
Welsch. Weidelgras	2949,16	0	0	0	0	99,04
Einjähr. Weidelgras	1165,73	0	0	0	0	0
Wiesenschwingel	600,35	39,49	0	0	0	0
Wiesenlieschgras	103,07	0	0	0	0	57,32
Rotschwingel	0	98,80	98,40	0	42,00	0
Gesamt dt	5115,92	362,71	98,40	98,80	42,00	156,36
Anteil %	87,1	6,2	1,7	1,7	0,7	2,6

Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Generell sprechen die erzielten Ergebnisse für die hohe Qualität der meist großflächigen Grassamenproduktion in Sachsen. Diese besitzt eine nahezu 100-jährige Tradition, nutzt langjährige Erfahrungen und wird überwiegend in spezialisierten Betrieben durchgeführt. Die Hauptursachen für eine erfolglose Feldprüfung waren Queckenbesatz bzw. Besatz mit anderen Kulturgräsern, die langfristig nur über acker- und pflanzenbauliche (einschließlich Pflanzenschutz) sowie technologische Maßnahmen zu beseitigen sind.

Die Auswertung der Beschaffenheitsprüfung ergab, dass die durchschnittliche Aberkennungsrate von 1,72 % der 3862 zertifizierten Gräser-Saatgutpartien zu 87 % durch Minderkeimfähigkeit bedingt war. Dieser Hauptmangel ist vor allem durch Fehler in der Trocknung und Lagerhaltung, in Einzelfällen auch durch das Ernteverfahren bedingt gewesen.

Nach der Ernte ist eine sofortige, qualitätserhaltende, schonende Rücktrocknung des frischen Erntegutes (ständige Temperaturkontrolle) vorzunehmen mit anschließender

Reinigung des trockenen Druschgutes. Bei Zwischenlagerung im Vermehrungsbetrieb ist mit der Rücktrocknung in gleicher Weise zu verfahren.

Im Qualitätsmanagement der Vermehrungsbetriebe und der Aufbereitungs- bzw. VO-Firmen sind diesen Verfahrensschritten in der Gräservermehrung besonderes Augenmerk zu geben. Das gleiche trifft auch für das Vorkommen von Quecke und Ampfer aus der Sicht der Saatgutprüfung zu. Deshalb sind bei der betrieblichen Planung (Fruchtfolge, Sortenstrategie, Personal, Technikbeschaffung und -einsatz) bestimmte Grundsätze zu beachten.

Fruchtfolge, Sortenstrategie und Aussaatverfahren

- Zur Vermeidung von Durchwuchs fremder Sorten und Arten sind innerhalb der Fruchtfolgerotation keine anderen Gräserarten bzw. -sorten zur Vermehrung oder zur Futternutzung anzubauen.
- Nur Sorten mit gleicher Ploidiestufe anbauen
- Pflanzenschutzmaßnahmen sind im Rahmen der Fruchtfolge zielgerichtet auf die entsprechende Vermehrungsart vorzunehmen
- Ein dreijähriger Vergleich von Drill-, Mulch- und Direktsaat (SCHIEFER, DITTRICH, 2001) zeigte, dass die geprüften Aussaatverfahren ertraglich keine signifikanten Unterschiede aufwiesen, aber einen großen Einfluss auf Stärke und Zusammensetzung der Verunkrautung von Blanksaaten bei Deutschem Weidelgras hatten. Der Pflug verhinderte weitgehend das Auftreten von Unkrautproblemen. Im Herbst des Ansaatjahres entwickelte sich nach Pflugeinsatz eine leicht bekämpfbare Verunkrautung, die mit gut verträglichen Herbiziden bei niedrigen Kosten kontrolliert werden kann. Wer auf den Pflug verzichtet, muss mit einem erheblichen Auftreten von Ungräsern, insbesondere von Ausfallgetreide und Quecken rechnen. Bereits im Vorfeld sollte geprüft werden, ob Grasart und Sorte mechanische Maßnahmen oder Herbizidanwendungen gegen Getreidedurchwuchs und andere Ungräser zulassen. Es sind alle vorbeugenden Möglichkeiten auszuschöpfen, um das Auftreten von Ungräsern und Ausfallgetreide zu verringern. Bei der Ernte der Getreidevorfrucht sollte auf eine exakte Mähdreschereinstellung geachtet werden. Ausfallgetreide ist nach Möglichkeit vor der Grasansaat zum Auflaufen zu bringen und zu vernichten. Betriebe, die Grassamenbau mit reduzierter Bodenbearbeitung betreiben, müssen Quecken, Trespen und andere Ungräser schon bei beginnendem Besatz konsequent bekämpfen. Dazu gibt es Möglichkeiten in anderen Fruchtfolgegliedern und auf der Stoppel. Z. B. ist die Anwendung von 3 - 5 kg/ha Round up Ultra und andere Glyphosatherbizide bzw. Touchdown nach Wiederaustrieb der Quecke zu empfehlen. Es müssen jedoch mindestens 3 physiologisch aktive, grüne Blätter je Trieb vorhanden sein. Eine weitere Bodenbearbeitung darf erst 10 Tage nach der Anwendung erfolgen. Zu beachten ist, dass bei reduzierter Aufwandmenge die Gefahr des Wiederaustriebes der Quecke im Folgejahr steigt. Grassamenbau im Direktsaatverfahren sollte nur auf queckenfreien Schlägen betrieben werden. Außerdem können verstärkt mehrjährige dikotyle Unkräuter vorkommen. Wer Direktsaat betreibt, sollte insbesondere darauf achten, dass im Bestand keine Altpflanzen dikotiler Arten auftreten, deren Samen sich nur schwer aus dem Grassamen entfernen lassen. Die reduzierte Bodenbearbeitung kann im Grassamenbau eher zu Unkrautproblemen führen als der Pflugeinsatz und stellt deshalb höhere Anforderungen an den Anbauer (siehe Tabelle 8). Sie kann aber die Schlagkraft und Wirtschaftlichkeit erhöhen.

Tabelle 8: Wirkung verschiedener Bodenbearbeitungssysteme auf den Samenvorrat im

Oberboden und auf die Verunkrautung (BRÄUTIGAM 1990)

	nach 9 Jahren differenzierter Bearbeitung		
	Samenvorrat keimf. Samen/m ²	Aufgelaufene Ackerwildpflanzen % Vorrat	Anzahl/m ²
Pflug	3312	3,0	99
konservierend mit Lockerung	4544	4,8	219
konservierend ohne Lockerung	5637	1,8	101

Personal

- möglichst erfahrene Mitarbeiter zur Selektion einsetzen, Schulung ist erforderlich
- bei hohem Besatz sind Saisonarbeiter vorzuhalten, die unter Anleitung erfahrener Mitarbeiter selektieren
- die Selektion hat vor der Feldbestandsprüfung zu erfolgen, verspätete Einsätze sind meist sehr aufwendig und oft erfolglos
- Einsatz von Saatgutspezialisten im Aufbereitungsbetrieb (erfahrene Mitarbeiter) für Trocknung und Reinigung

Technik

- effektive, flexible Technologien bei der Ernte und Saatgutaufbereitung als Voraussetzung für eine kostengünstige Produktion von Saatgut in höchster Qualität
- Mähdrescher dürfen vorher nicht in anderen Grasarten bzw. -sorten eingesetzt werden bzw. müssen absolut frei davon sein
- Einsatz universeller Technik für Trocknung, Reinigung, Lagerung und Abpackung
- Alternative Energiequellen zur schonenden Saatguttrocknung einsetzen, z. B. Solar- bzw. Wärmepumpenanlagen

FAZIT

Mit zertifiziertem Gräser-Saatgut steht dem Landwirt ein hochwertiges Betriebsmittel sowohl für den erfolgreichen Pflanzenbau als auch für die Tierproduktion zur Verfügung. Es gewährleistet Züchtungsfortschritt, ist geprüft und amtlich anerkannt, garantiert damit Qualität und bietet den sicheren Weg zu hohen Leistungen. Hinsichtlich Keimfähigkeit und Unkrautbesatz bestehen noch Leistungsreserven in der Saatgutproduktion, die durch Verbesserungen im Management abgebaut werden können.

Die Keimfähigkeitsbestimmung und die Lebensfähigkeitsbestimmung im Vergleich bei Saatgut tropischer Futtergrasarten mit tiefer Dormanz

Steiner, Adolf Martin (Stuttgart); Werth, Helga

Saatgut tropischer und subtropischer Futtergrasarten zeigt häufig eine tiefe Dormanz. Vergleiche von Keimfähigkeitsbestimmungen und Lebensfähigkeitsbestimmungen ergaben, daß die in den ISTA Internationalen Vorschriften für die Prüfung von Saatgut angegebenen Empfehlungen zur Brechung der Dormanz bei vielen Arten offensichtlich nicht ausreichen, die tiefe Dormanz vollständig zu brechen. Zur Klärung dieses Sachverhalts wurden folgende Arten untersucht: *Axonopus affinis* Chase, Teppichrasengras, 2 Proben; *Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus, Hurricanegrass, 2 Proben; *Brachiaria decumbens* Stapf, Surinamgras, 3 Proben; *Cenchrus ciliaris* L., Büffelgras, 4 Proben; *Chloris gayana* Kunth, Rhodesgras, 1 Probe; *Setaria sphacelata* (Schumach.) Stapf et C. E. Hubb., Golden Timothygras, 4 Proben; *Urochloa mosambicensis* (Hackel) Dandy, Sabigras, 2 Proben. Bei allen Arten außer *Setaria sphacelata*, die keine Dormanz aufweist und als Kontrolle mitgeführt wurde, zeigte sich, daß die jeweils zur Brechung der Dormanz empfohlenen Maßnahmen: KNO₃, Licht, Vorwärmen, Vorkühlen, GA₃ sowie auch Kombinationen dieser Faktoren wie beispielsweise KNO₃ und Kälte, KNO₃ und GA₃ sowie KNO₃ und GA₃ und Kälte jeweils mit Licht nicht ausreichen, die Dormanz vollständig zu brechen; die Werte der Lebensfähigkeitsbestimmung lagen in allen Fällen höher als die Werte der Keimfähigkeitsbestimmung. Deshalb erscheint es angeraten, bei der Beschaffenheitsprüfung zur Bestimmung des tatsächlichen Werts einer Saatgutpartie zusätzlich zu einer Keimfähigkeitsbestimmung stets auch eine Lebensfähigkeitsbestimmung durchzuführen.

Nachprüfung der Sorte bei Saatgut von Deutschem Weidelgras und Welschem Weidelgras aus dem Saatgutverkehr mittels Elektrophorese der Speicherproteine (*Lolium perenne* L., *Lolium multiflorum* Lam.)

Steiner, Adolf Martin (Stuttgart); Goecke, Elke:

Die SDS-PAGE der Speicherproteine der Spelzfrüchte nach ISTA ist eine ausgezeichnete Methode zur Nachprüfung der Sorte und von Sortenmischungen bei Weidelgrasarten (ISTA Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut 1999; Heidenreich, S. C., Kruse, M. und Steiner, A. M.: Plant Varieties and Seeds 12, 1 – 9, 1999; cf. dto. 13, 61 – 66, 2000). Ihre Brauchbarkeit zur Kontrolle der Erhaltungszüchtung und der Saatgutproduktion sowie der Partien im Saatgutverkehr wurde anhand einer größeren Probenzahl von VS, BS und ZS aus dem Saatgutverkehr geprüft; die zum Vergleich eingesetzten Referenzmuster des BSA wurden 1983 zur Verfügung gestellt. Bei Welschem Weidelgras wurden 363 Proben von 19 Sorten mit 2 – 57 Proben pro Sorte, die von 4 Saatgutuntersuchungsstellen aus den Jahren 1998 – 2000 stammten, untersucht. Nur bei ZS von 4 Sorten fanden sich abweichende Muster (Kriterium: mindestens eine starke oder zwei schwächere Banden verschieden). Bei 52 Proben einer Sorte von 2 Saatgutuntersuchungsstellen aus 3 Jahren fanden sich bei den Proben 1 Saatgutuntersuchungsstelle in einem Jahr 2 gleiche Abweicher, möglicherweise 2 Partien aus einem Vermehrungsvorhaben, bei 17 Proben einer Sorte von 4 Saatgutuntersuchungsstellen aus 3 Jahren ebenfalls bei 1 Saatgutuntersuchungsstelle in einem Jahr 2 gleiche Abweicher, bei 19 bzw. 3 Proben von 2 Sorten von 2 Saatgutuntersuchungsstellen aus 3 Jahren je 1 Abweicher. Dagegen fanden sich beispielsweise bei 57 und bei 42 Proben von 2 Sorten von 4 Saatgutuntersuchungsstellen aus 3 Jahren keine Abweicher. Desgleichen waren 2 Proben VS und 8 Proben BS ohne Abweicher. Bei Deutschem Weidelgras wurden 121 Proben von 18 Sorten mit 2 – 14 Proben pro Sorte, die von 4 Saatgutuntersuchungsstellen aus den Jahren 1998 – 2000 stammten, untersucht. Bei ZS von 7 Sorten mit je 2 – 8 Proben wurde je 1 Abweicher gefunden. Bei 1 Sorte mit 9 Proben wurden 4 verschiedene Muster mit den Häufigkeiten 5, 2, 1, 1 nachgewiesen, wobei das Muster mit der Häufigkeit 2 vom Referenzmuster des BSA nicht verschieden war. Dagegen fanden sich beispielsweise bei 14, 13, 10 und 9 Proben verschiedener Sorten von 3 Saatgutuntersuchungsstellen aus 3 Jahren keine Abweicher. Desgleichen zeigten 2 Proben VS und 17 Proben BS keine Abweicher. Auch bei 2 Sorten, eine mit 1 Probe VS, 4 BS und 2 ZS, die andere mit 6 Proben ZS aus 2 Jahren von 2 Saatgutuntersuchungsstellen zeigten sich jeweils keine Abweicher, die Muster waren aber von den Referenzmustern des BSA verschieden. Die Ergebnisse zeigen, daß bei den Weidelgrasarten die Elektrophorese der Speicherproteine aus Mischproben eine sichere, rasche, preiswerte und somit brauchbare Methode zur Nachprüfung der Sorte ist. Dies gilt so auch für Rispenarten (a. a. O.) und wahrscheinlich auch für weitere Grasarten.

Anwendung des „OSU Vigor Systems“ zur Triebkraftbestimmung bei Salatsaatgut (*Lactuca sativa* L.)

Kruse, M. (Columbus/ USA)

Zur Triebkraftbestimmung bei Salatsaatgut wurde 1973 der sog. „slant-board-Test“ entwickelt und veröffentlicht. Hierbei werden die Salat-Achänen auf einer schräg stehenden, rauhen und feuchten Glasplatte ausgelegt und das Wurzellängenwachstum gemessen. Der Test ist mit leichter Abwandlung in den Handbüchern zur Triebkraftbestimmung der ISTA und der AOSA aufgeführt und findet praktische Anwendung. Im „Seed Biology Programme“ der Ohio State University wurde ein verbessertes System zur Durchführung dieses Tests entwickelt, das „OSU Vigor System“. Die Salatachänen werden hierbei auf Keimpapier ausgelegt, mehrere dieser Keimpapiere in einer Keimdose übereinander gelegt und diese dann senkrecht stehend 3 Tage lang in einem Keimschrank bei 20 °C im Dunkeln eingekeimt. Für die Keimlingsvermessung wurde zunächst ein auf den Kopf gedrehter Flachbettscanner zum einscannen des blauen Keimpapiers mit den daraufliegenden Keimlingen verwendet. Dann analysiert eine speziell erstellte Software das erhaltene Bild indem die Keimlinge auf dem blauen Keimpapier identifiziert werden, der Übergang von der Wurzel in das Hypocotyl anhand der Wurzelhaare bestimmt und dann die Länge von Hypocotyl und Wurzel für jeden einzelnen Keimling sowie das Mittel der 50 Keimlinge auf einen Keimpapierbogen bestimmt wird. Zusätzlich wird die Variation zwischen den Keimlingen als Standardabweichung berechnet. Es wurde nun geprüft, welchen Einfluss die Keimungsdauer, die dem Keimpapier zugefügte Wassermenge sowie die Position der Keimlinge auf dem Keimpapier auf das Ergebnis der Messung ausüben. Außerdem wurde die Wiederholbarkeit der Messung mit insgesamt 40 verschiedenen Salatsaatgutpartien verschiedener und fallweise dieselbe Sorte bestimmt und im Vergleich zu den Unterschieden zwischen den Partien bewertet. Es zeigten sich deutliche Einflüsse der Keimungsdauer sowie der Position der Keimlinge auf dem Keimpapier, jedoch kein nachweisbarer Einfluss der Wassermenge. Die Wiederholbarkeit der Keimlingsmessung war nicht befriedigend. Durch Identifizierung von Keimlingen an Stellen, an denen keine waren oder durch Teilen eines existierenden Keimlings in zwei bis zu fünf kleine Keimlinge waren insbesondere die Standardabweichungen mit einer zu hohen Unsicherheit behaftet. Deshalb wurde die Software verbessert sowie Mindestgrößen von Keimlingen definiert. Die mit der verbesserten Version erzielten Ergebnisse sollen vorgestellt werden.

Zur PCR- Analytik bei Saatgut und Futtermitteln

Roth, Brigitte (Karlsruhe)¹; Leist, Norbert:

Einleitung

Die Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR) ist eine Methode, um spezifische DNA Sequenzen in kurzer Zeit mit hoher Ausbeute in vitro zu vervielfältigen. Das Reaktionsprinzip der PCR entspricht der Replikation der DNA in einer Zelle. Nach Anlagerung eines Startermoleküls (Primer) synthetisiert die Polymerase an einer vorhandenen Matrix einen neuen DNA Strang. Die PCR ist eine hoch sensitive, effektive und vielseitig einsetzbare Methode. So kann nach 20 PCR-Zyklen eine Anreicherung der DNA um den Faktor 10^5 erzielt werden.

Mit Hilfe der PCR können sowohl Gentechnisch Veränderte Organismen (GVO) in Saatgut als auch tierische Bestandteile in Futtermitteln nachgewiesen werden.

Methode

Die Vorgehensweise ist für beide Problemstellungen prinzipiell die gleiche.

Nach Zerkleinern und Homogenisieren der Proben wird die DNA mit einem SDS-haltigen Puffer oder einem CTAB Puffer extrahiert. Da Proteine und RNA die PCR stören können werden sie während der Extraktion enzymatisch verdaut und nachfolgend abzentrifugiert.

Die Reinigung der DNA ist der wesentliche Schritt für eine erfolgreiche PCR. Bei den meisten Reinigungssystemen wird die DNA an eine Matrix gebunden, nach ein- bis mehreren Waschschritten kann die DNA mit einem Elutionspuffer wieder in Lösung gebracht und in die PCR eingesetzt werden. Als Standard wird die Reinigung von Saatgutproben mit dem Wizard System durchgeführt. Die teilweise komplexe Zusammensetzung von Futtermittelproben erfordert eine individuelle Vorgehensweise, neben der Wizard Methode werden bei Bedarf verschiedene Kits zur Isolierung der DNA verwendet.

Das Ansetzen der PCR erfolgt unter sterilen Bedingungen. Zunächst wird ein Mastermix mit allen für die Reaktion notwendigen Bestandteilen in ausreichender Menge hergestellt, dieser auf die einzelnen Reaktionsgefäße verteilt und zum Schluss die Proben-DNA zugegeben. Im Thermocycler wird das notwendige Temperaturprofil über die Zyklenzahl erzeugt, nach einer geeigneten Zahl von Zyklen werden die Amplifikate in der Gelelektrophorese nach ihrer Größe aufgetrennt und mit Hilfe von Markern identifiziert.

Die große Sensitivität der Methode birgt jedoch Gefahren. Es müssen Vorsichtsmaßnahmen eingehalten werden, um Kontaminationen zu vermeiden und falsche Ergebnisse zu erkennen.

Dazu sind getrennte Räume für die einzelnen Arbeitsschritte Isolation der DNA, Ansetzen der PCR und Auswertung erforderlich. Ein unumstößliches Gesetz lautet: Aus dem Bereich, in dem nach der PCR die Tubes geöffnet werden, darf nichts in die

¹ eMail: brigitte.roth@lufa.bwl.de

anderen Räume gelangen (Pipetten, Lösungen, Kittel). Daraus folgt auch, dass für jeden Bereich eigene Pipettensätze, Gefäße etc. vorhanden sein müssen.

Um die Richtigkeit der Ergebnisse zu überprüfen sind Kontrollreaktionen notwendig. Bereits bei der Isolierung der DNA wird eine Extraktionskontrolle mitgeführt, um kontaminierte Lösungen oder Gefäße zu erkennen.

Das saubere Arbeiten beim Ansetzen des Mastermixes wird durch eine Nullkontrolle überprüft, hier wird dem Ansatz an Stelle von DNA Wasser zugegeben.

Die Positivkontrolle zeigt die Funktionsfähigkeit der Reaktion an.

Eine PCR ist erfolgreich durchgeführt, wenn die Negativ-Kontrollen negativ und die Positivkontrollen positiv sind. Ist die nicht der Fall wird nach folgendem Schema vorgegangen:

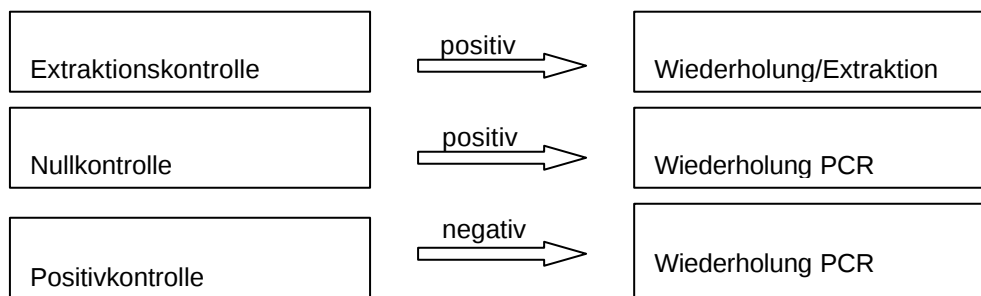


Abb. 1: Kontrollreaktionen bei Durchführung der PCR

Gerade bei Futtermitteln wird die Reaktion häufig von mit der DNA isolierten Inhibitoren gestört, hier zeigt eine Amplifikationskontrolle, ob aus dem Probenmaterial DNA in ausreichender Menge und Qualität gewonnen wurde. Dazu wird in einer weiteren PCR mit den Plant Primern (Taberlet et al. 1991) ein Abschnitt aus dem Chloroplastengen amplifiziert.

GVO in Saatgut

Im Bereich Saatgut wurde bisher Mais bearbeitet. Den meisten der bisher weltweit genutzten GVO-Maissorten wurde der 35 S Promotor aus dem Blumenkohlmosaikvirus und / oder der NOS Terminator eingefügt, alle in Europa zugelassenen Maissorten haben den 35S Promotor. Diese eignen sich daher gut für ein Screening. Bei einem positiven Befund muss eine Bestätigungsreaktion erfolgen, um eine natürliche Kontamination mit dem Virus ausschließen zu können. Spezifische Nachweise werden anhand von aktuellen bzw. zur Veröffentlichung anstehenden §35 Methoden (LAG) durchgeführt. In Zusammenhang mit den diskutierten Schwellenwerten ist zusätzlich noch eine Quantifizierung der gentechnisch veränderten Anteile mit Hilfe einer real-time PCR notwendig.

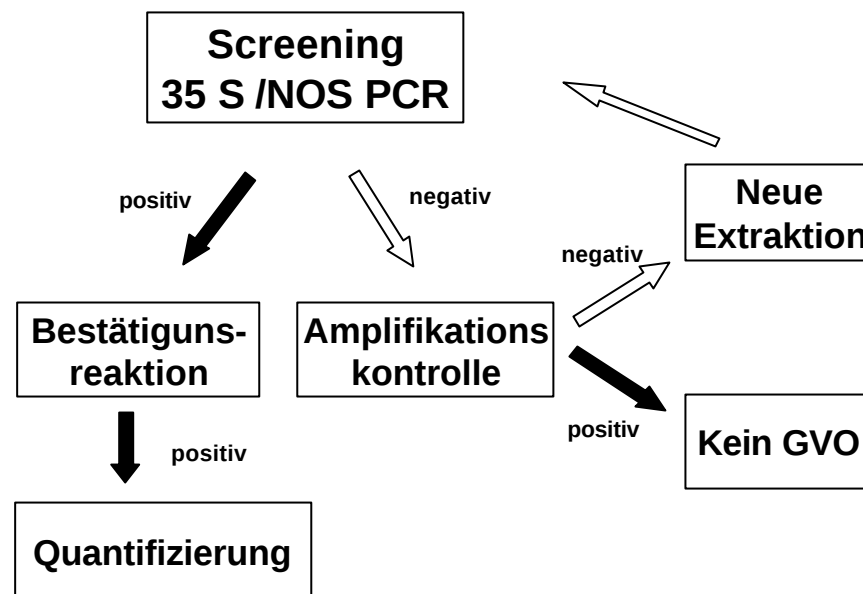
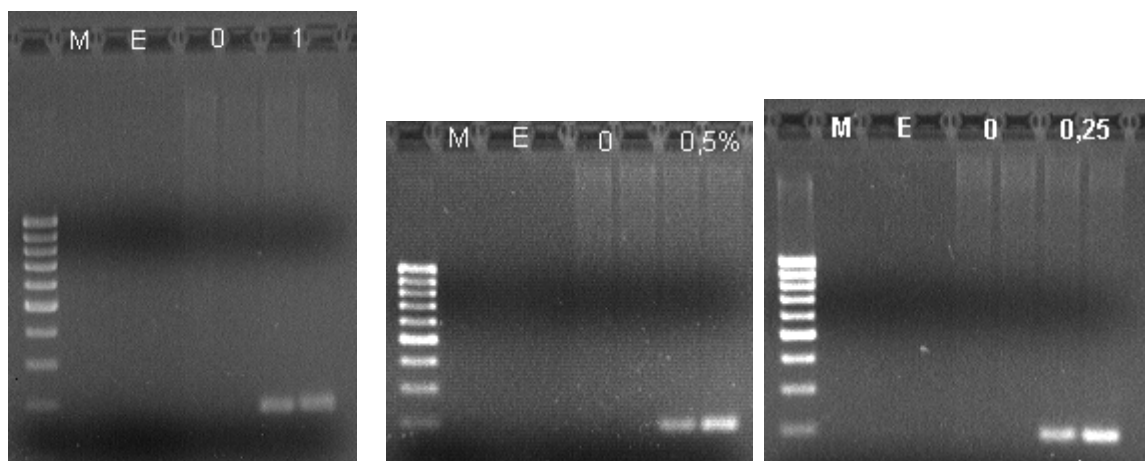


Abb.2: Ablaufschema bei der Untersuchung auf GVO in Saatgut

Für das Screening wird das Primerpaar 35S1/35S2 (Pietsch et al. 1997) eingesetzt, es entsteht ein Produkt mit 195 Basenpaaren. Zur Validierung der Screening Methode mit den 35S Primern wurden Mischproben mit verschiedenen Anteilen an GVO hergestellt. Dazu wurde 1%, 0,5%, 0,25%, 0,1% und 0,05% von Saatgut der Sorte Cascade (MON 810) in Saatgut der konventionell gezüchteten Sorte Rivaldo gemischt, wobei jeweils möglichst kleine Probenmengen gewählt wurden (300-2000 Korn). Anschließend wurden jeweils 6 Extraktionen nach der SDS-Wizard-Methode pro Mischungsvariante durchgeführt. In Abbildung 3 ist für jede Beimengungsstufe ein Gel als Beispiel dargestellt. Die Validierung der Extraktionsmethode und des 35S Screenings ist abgeschlossen. Für das Screening mit dem NOS-Terminator und für die spezifischen Nachweisreaktionen steht dies noch aus.



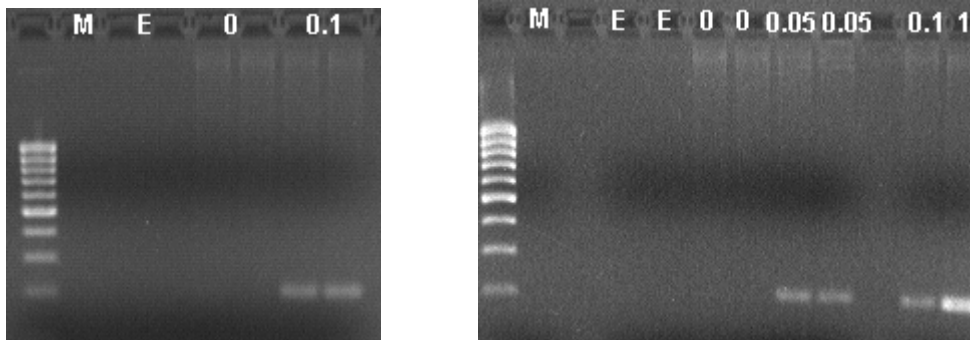


Abb. 3: Elektropherogramme aus dem Validierungsprotokoll, M=Nullkontrolle, E=Extraktionskontrolle, 0=keine GVO Beimengung, 1=1%, 0,5=0,5%, 0,25=0,25%, 0,1=0,1%, 0,05=0,05% Beimengung

Bei der Untersuchung von Saatgut sind GVO Verunreinigungen nur in Spuren zu erwarten. Dies erfordert besondere Aufmerksamkeit bei der Homogenisierung des Saatgutes. Zum Erreichen einer möglichst hohen Signifikanz der Ergebnisse sollten die Einzelprobenmengen mindestens das 10-fache der Tausendkornmasse betragen (Hübner et al 2001).

Futtermitteluntersuchungen

Sobald die in der EU diskutierte Richtlinie Novelfood/Novelfeed Gültigkeit hat, wird über den Nachweis tierischer Bestandteile hinaus ein Nachweis von GVO's notwendig.

Tierische Bestandteile werden in einem Screening mit Cytochrom b Primern nachgewiesen. Cytochrom b ist für den Energiestoffwechsel der Tiere essentiell und im Tierreich ubiquitär verbreitet. Die Basenabfolge solcher Gene hat sich im Lauf der Evolution nur geringfügig verändert, unabhängig von der Tierart werden mit diesen Primern in der PCR gleich lange Fragmente vervielfältigt.

Bei negativen Ergebnissen wird die Amplifikationskontrolle mit den Plant Primern durchgeführt, ist diese positiv liegt keine Störung der PCR vor, die Probe wird als negativ berichtet.

Negative Ergebnisse bei der Plant PCR weisen auf Inhibitoren oder nicht ausreichend große DNA-Mengen hin, die Probe muss mit einer anderen Extraktionsmethode neu bearbeitet werden.

Bei positiven Ergebnissen mit den Cytochrom b Primern, d.h. bei Amplifikaten mit der erwarteten Fragmentlänge wird anschließend die Tierart genauer eingegrenzt. Ein Primerpaar, das Abschnitte aus dem Myostatingen amplifiziert, engt die Auswahl auf Säuger und Geflügel ein (Laube 2001). Tierartspezifische Primer für Rind, Schwein, Huhn und Pute geben weitere Hinweise auf die Art der Beimengung (Tabelle 1).

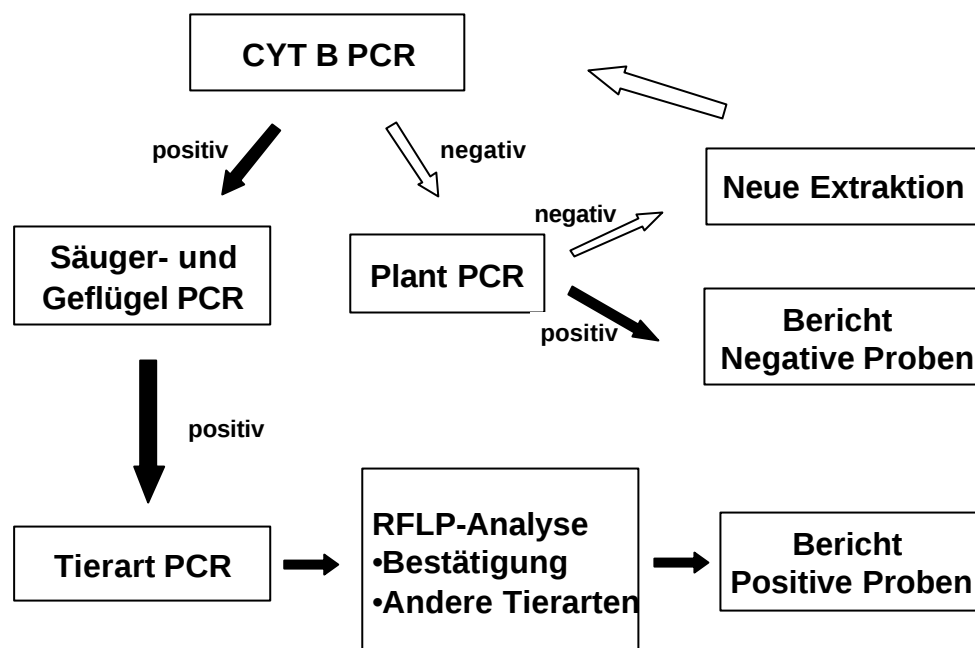


Abb. 4: Ablaufschema Futtermitteluntersuchungen

<i>Nachgewiesene Tierart</i>	<i>Primer</i>	<i>Amplifikatgröße</i>
Alle (Cytochrom b)	H15149M/HM9	263bp
Säuger und Geflügel (Myostatin)	MY-r/MY-f	97bp
Rind	CA03/04	130 bp
Schwein	SW01/02	108bp
Huhn	Gal F/Gal R	171bp
Pute	Tur F1/Tur R1	209bp

Tab.:1 Bei der Futtermitteluntersuchung verwendete tierartspezifische Primer

Die Aussagekraft der Methode wurde zunächst mit verschiedenen Beimischungen in ein Standardfuttermittel überprüft (Abbildung 5). Nach dem allgemeinen Nachweis über die Cytochrom b Primer wurden die Proben mit dem Myostatinsystem auf Säuger- und Geflügelbestandteile untersucht. Das rechte Gel zeigt die Ergebnisse mit den verschiedenen tierartspezifischen Primern.

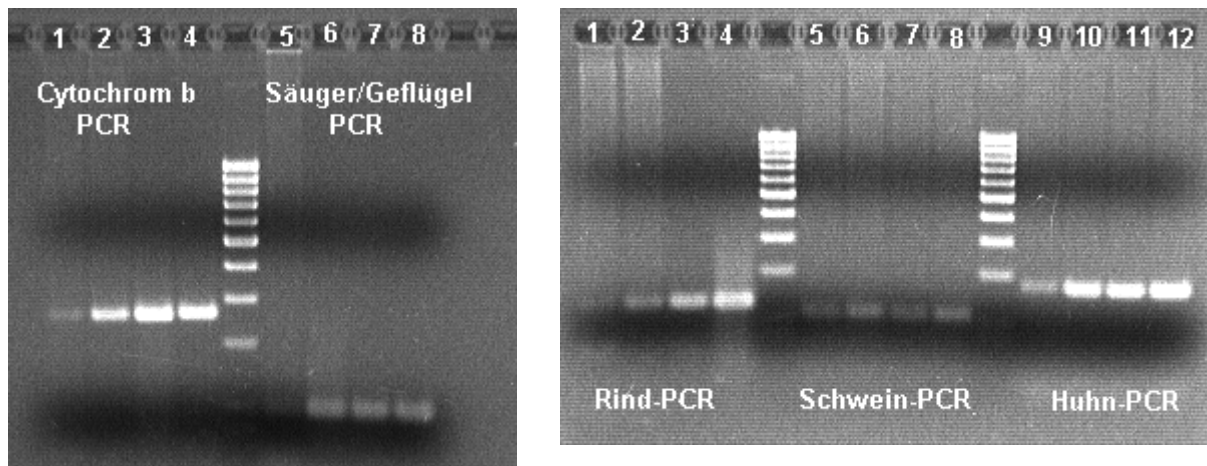


Abb. 5: Elektropherogramme von Standardfuttermittel mit verschiedenen Beimischungen

Banden 1- 4: 0,1%; 0,5%; 50%; 100% Rind

Banden 5- 8: 0,1%; 0,5%; 1%; 2% Schwein

Banden 9-12: 0,1%; 0,5%; 1%; 2% Huhn

Um diese Ergebnisse zu bestätigen und noch weitere Tierarten nachzuweisen wird ein Restriktionsverdau der Amplifikate des ersten Cytochrom b Screenings durchgeführt. Die tierartspezifischen Unterschiede auf dem 263 Basenpaare langen Fragment ermöglichen es verschiedenen Restriktionsenzymen, dieses in Teilstücke typischer Größe zu zerschneiden. Nach einer weiteren elektrophoretischen Auftrennung können verschiedene Fragmentmuster ausgewertet werden (Abbildung 6).

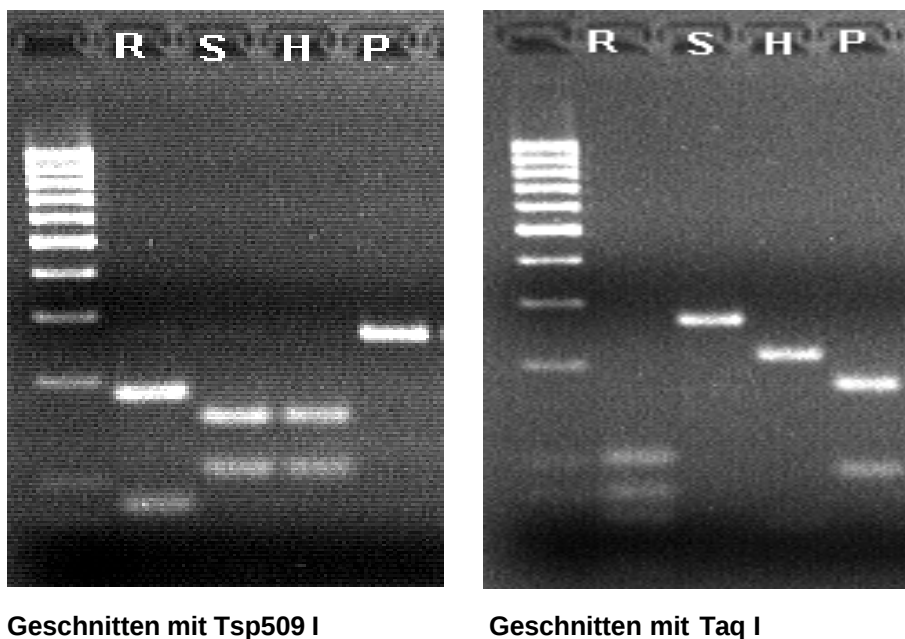


Abb. 6: Elektropherogramme des 263bp Amplifikats von Rind (R), Schwein (S), Huhn (H) und Pute (P) nach Verdau mit den Restriktionsenzymen Tsp 509I (links) und Taq I (rechts)

Eine Probe wird als positiv berichtet, wenn der Cytochrom b Nachweis positiv ist und die Tierart entweder mit drei verschiedenen Restriktionsenzymen oder mit einem Restriktionsenzym und einer tierartspezifischen PCR nachgewiesen werden kann.

Ausblick

Ziele Saatgut: Sobald die Validierung der Bestätigungsreaktionen abgeschlossen ist, wird die Untersuchung von Maissaatgut auf GVO angeboten. Dies wird bis Ende dieses Jahres erreicht sein. Die Methodenentwicklung und –etablierung für die Arten Raps und Soja werden ebenfalls vorangetrieben, um hier in absehbarer Zeit ebenfalls die Untersuchungen anbieten zu können.

Ziele Futtermittel: Um präzisere Aussagen treffen zu können ist eine Erweiterung des Tierartenspektrums notwendig. Gemeinsam mit dem Arbeitskreis PCR-Analytik der Fachgruppe Futtermittel des VDLUFA werden die Methoden entwickelt und in Ringversuchen überprüft. Die Untersuchung von Futtermitteln auf GVO ist ein weiterer Aspekt unserer zukünftigen Arbeit.

Alle Untersuchungen werden in unser Qualitätssicherungssystem eingebunden. Mit unserem Performance based Standard können wir dem Landwirt sichere und aussagekräftige Hilfestellung leisten.

Literatur

BgVV: Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG

Loseblattsammlung Beuth Verlag

Hübner P., Waiblinger U., Pietsch K. und Brodmann P. (2001): Validation of PCR Methods for Quantitation of Genetically Modified Plants in Food. AOAC International Vol 84, No. 6; 1855-1864

Laube 2001: Bundesgesundheitsblatt Vol 44; 326-330

Pietsch K, Waiblinger U., Brodmann P. und Wurz A. (1997): Screeningverfahren zur Identifizierung gentechnisch veränderter Lebensmittel. Deutsche Lebensmittel Rundschau Heft 2: 35-38

Taberlet P., Gielly L., Pautou G., Bouvet J., (1991): Universal primers for amplification of three noncoding regions of chloroplast DNA. Plant Molecular Biology 17; 1105-1109

Einsatz von biochemischen Methoden als Ersatz für den Nachkontrollanbau bei Getreide und Hybridmais

Jonitz, Andrea (Karlsruhe)¹; Leist, Norbert

Einführung

Gemäß dem Saatgutverkehrsgesetz wird im Zuge des Sorten- und Verbraucherschutzes das Basissaatgut von Getreide sowie die Linien von Mais, neben der Feldanerkennung und Beschaffenheitsprüfung, im Nachkontrollanbau auf Sortenreinheit und Sortenechtheit untersucht. Hierbei wird anhand der morphologischen Merkmale, die der Sortenbeschreibung dienen überprüft, ob die gesetzlichen Anforderungen bei den anerkannten Saatgutpartien gewährleistet waren. Das Nachbauverfahren ist zeitintensiv und aufwändig in der Durchführung. Die Ergebnisse liegen erst nach der folgenden Vegetationsperiode vor - zu diesem Zeitpunkt wird das anerkannte Basissaatgut bereits in der Z-Stufe vermehrt. Mit Hilfe von biochemischen Methoden, wie der Isoelektrischen Fokussierung (IEF) der Samenproteine ist es möglich auch Getreide- und Maissorten bereits vor der Ernte innerhalb weniger Tage auf Sortenechtheit zu prüfen.

Die Elektrophorese leistet seit Jahren gute Dienste in Kooperation mit der Anerkennungsstelle in Baden Württemberg. Immer wieder können bei der Feldbesichtigung im Zuge des Anerkennungsverfahrens Unsicherheiten auftreten, wie zum Beispiel bei der Beurteilung von Pflanzen, die in einem Saatgutvermehrungsschlag durch Überlänge auffallen und deren Sortenzugehörigkeit fraglich ist. Der Feldanerkenner kann in solchen Fällen fragliche Ähren und Ähren von Pflanzen die eindeutig der Sorte zuzuordnen sind zur Untersuchung an das Referat Saatgutprüfung und Angewandte Botanik an der LUFA Augustenberg senden, wo mit Hilfe der Elektrophorese bestimmt werden kann, ob sich die Proteinbandenmuster der beiden Proben unterscheiden und sie folglich als der Sorte zugehörig zu beurteilen sind. Abbildung 1 zeigt ein Elektropherogramm der Überprüfung von überlangen Weizenpflanzen.

In den meisten Fällen hat sich bei der elektrophoretischen Überprüfung gezeigt, dass Pflanzen mit überlangen Halmen nicht der Sorte entsprachen, in einzelnen Fällen waren diese der Sorte zugehörig. Die Elektrophorese kann als hilfreiches Instrument zur Unterstützung von Entscheidungen bei der Feldanerkennung herangezogen werden.

¹ eMail: andrea.jonitz@lufa.bwl.de

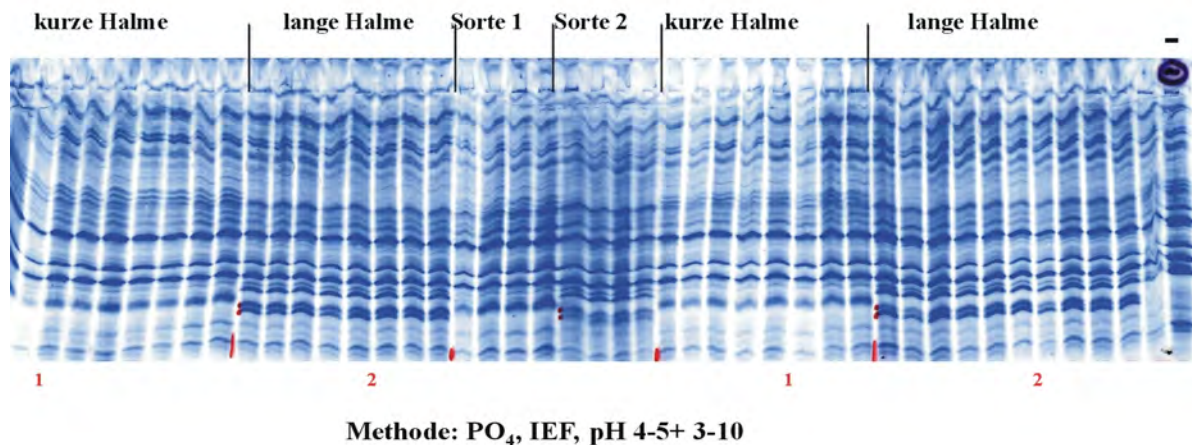


Abb 1: Elektropherogramm der Sortenüberprüfung von Weizen unterschiedlicher Halmlängen

Untersuchungsumfang

Im Jahre 2001 startete das Referat Saatgutprüfung und Angewandte Botanik der LUFA Augustenberg zusammen mit der zuständigen Saatgutankennungsstelle ein Projekt bei dem die Untersuchungsergebnisse aus dem Nachkontrollanbau (NKA) mit den Ergebnissen von elektrophoretischen Untersuchungen verglichen werden sollen. Ziel dieser Untersuchung ist es zu prüfen, ob der Nachkontrollanbau in Baden Württemberg künftig durch diese biochemische Labormethode ersetzt werden könnte. Geplant ist es über drei Ernten hinweg Basispartien der Getreidearten Weizen, Gerste, Spelzweizen, Triticale und Hafer, sowie die Linien und ausgewählte Hybride bei Mais vergleichend zu untersuchen. Die im Jahr 2001 untersuchten Proben sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Fruchtart	Anzahl NKA	Anzahl mit IEF untersuchter	
	Proben	Proben	Sorten / Linien
Winterweizen	64	39	17
Sommergerste	29	(29)	(8)
Wintergerste	21	(21)	(4)
Spelzweizen	15	12	5
Hafer	8	6	3
Sommerweizen	7	5	3
Winter-Triticale	2	2	1
Sommer-Triticale	2	-	-
Getreide gesamt	148	114	41
Mais Mutterlinien	155	57 (69)	33
Mais Vaterlinien	111	34 (46)	17
Mais Hybridsorten	26	26	17
Mais gesamt	292	117 (141)	67

Tabelle 1: Anzahl der Proben, Sorten und Linien, der im Nachkontrollanbau 2001 sowie der Elektrophorese untersuchten Getreide- und Maispartien; Werte in Klammern stehen für derzeit noch nicht durchgeführte Untersuchungen.

Bei der Überprüfung der Sortenechtheit wird durch den Vergleich der elektrophoretischen Bandenmuster der Saatgutprobe mit dem Bandenmuster einer authentischen Referenzprobe festgestellt ob die beiden Bandenmuster exakt

übereinstimmen. Darüber hinaus kann beim Hybridmais eine Hybridqualitätsbestimmung durchgeführt werden.

Ergebnisse

Beginnend im Jahre 2001 sind in Tabelle 2 die bislang erzielten Ergebnisse aus den elektrophoretischen Untersuchungen aufgeführt. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt stehen noch keine Daten der Feldbonituren zur Verfügung. Entsprechend der Anbauschwerpunkte von Basissaatgut in Baden Württemberg standen im Jahre 2001 beim Getreide vornehmlich Winterweizen und Gerste im Nachkontrollanbau.

Getreide	Anzahl Proben	Sortenabweicher	
		Anzahl Proben	% untersuchte Proben
Winterweizen	39	21	54
Sommergerste	29	derzeit in Untersuchung	-
Wintergerste	21	derzeit in Untersuchung	-
Spelzweizen	12	0	0
Hafer	6	3	50
Sommerweizen	5	0	0
Winter-Triticale	2	2	100
Mais Mutterlinien	57	42	74
Mais Vaterlinien	34	18	53
Mais Hybridsorten	26	10	38
Mais gesamt	117	70	60

Tabelle 2: Bei der Isoelektrischen Fokussierung festgestellte Sortenabweicher bei Getreide und Mais

Bei den 26 untersuchten Hybriden so ist hundertprozentige Hybridreinheit bei 54% der Proben zu attestieren, bei 46 % der Proben können Selbstbestäubungsanteile von bis zu 2% festgestellt werden, bei zwei Proben treten zusätzlich Fremdbestäubungen bis zu einem Anteil von 1,5% auf.

Da eine große Anzahl verschiedener Sorten oder Linien an meist kleinen Probenzahlen untersucht wurden ist es derzeit noch nicht möglich eine Aussage bezüglich des Auftretens von Abweichern bei bestimmten Sorten zu treffen. Dennoch zeigte sich, wie Tabelle 3 zu entnehmen beim Winterweizen, dass bei 71% aller untersuchten Sorten Sortenabweicher festgestellt werden konnten, beim Mais war dies in 84% der untersuchten Sorten bzw. Linien der Fall. In den meisten Fällen wurde 1 oder 2 Sortenabweicher je 200 untersuchte Korn festgestellt, in Einzelfällen traten bis zu 17 Sortenabweicher auf.

Winterweizen Sorte	Anzahl Proben	Anzahl Sortenabweicher von 200 Korn							
		0	1	2	4	5	6	7	17
A	1		1						
B	1		1						
C	2	1	1						
D	2	1	1						
E	2	1		1					
F	2	2							
G	2	1	1						
H	2		2						
I	2					1		1	
J	2	2							
K	3		1	1	1				
L	3	2					1		
M	3	1	1	1					
N	3		1	1					1
O	3	3							
P	3	1	1	1					
Q	3	3							

Tabelle. 3: Anzahl mittels Elektrophorese untersuchter Winterweizen-proben und festgestellte Sortenabweicher

In der Anlage 3 der Saatgutverordnung des Saatgutverkehrsgesetzes (SVG), ist der erlaubte Höchstbesatz mit anderen Sorten derselben Art bei Getreide und Mais bei Basissaatgut mit 10 Korn vorgegeben. Eine Überprüfung der Sortenechtheit ist jedoch bei zahlreichen Kulturarten allein anhand morphologischer Merkmale nicht möglich. In der Fußnote 1 ist die Verwendung weiterer Merkmale zur Sortenechtheitsprüfung geregelt, so können auch elektrophoretische Methoden zur Feststellung der Anteile der anderen Sorten derselben Art angewandt werden. Legt man nun die Anforderungen, die für die Besatzbestimmung bei der Saatgutbeschaffenheitsprüfung verbindlich sind zugrunde so ergibt sich bei einem erlaubten Höchstbesatz von 10 Korn mit anderen Sorten der selben Art in der Besatzmenge von 500g bei Getreide und 1000g beim Mais und bei einer Tausendkornmasse bei Getreide von 50g und Mais von 300g ein erlaubter Höchstbesatz in 200 Korn beim Getreide von 0,2, beim Mais von 0,6 Korn. Dies bedeutet für Getreide und Mais, dass sobald bei der Elektrophorese an 200 Korn auch nur 1 Sortenabweicher festgestellt werden keine Anerkennung als Basissaatgut möglich wäre. Für die vorgestellten Ergebnisse bedeutet dies, dass im Falle von Winterweizen nur 46% der untersuchten Partien als Basissaatgut verkehrsfähig wären.

Kulturart / Anzahl Abweicher	0	0 - 2	≥ 3	> 10
Winterweizen	46	87	13	3
Spelzweizen	100	100	0	0
Hafer	50	67	33	0
Sommerweizen	100	100	0	0
Wintertriticale	0	50	50	0
Mais / Anzahl Abweicher	0	0 - 6	> 7	
Mutterlinien	26	81	19	
Vaterlinien	47	94	6	
Hybridsorten	62	96	4	
Mais gesamt	40	88	12	

Tabelle 4: Anteil der untersuchten Proben bei unterschiedlichen Anzahlen in der Elektrophorese festgestellte Sortenabweicher

Berücksichtigt man, daß die Elektrophorese als eine hochsensitive Methode viel feiner zwischen zu differenzieren vermag als dies mit Hilfe morphologischer Merkmale möglich ist, so kann man nach einem geeigneten Faktor suchen, mit dem man die Elektrophoresedaten multipliziert um ein mit den Felddaten vergleichbares Ergebnis zu erhalten. Damit könnte sichergestellt werden, dass das mittels Elektrophorese untersuchte Basissaatgut nicht nach strengeren Kriterien als das im Nachkontrollanbau geprüfte untersucht wird. Verwendet man beispielsweise den Faktor 10, so wären bei Getreide Partien mit bis zu 2 Sortenabweicher, beim Mais Partien mit bis zu 6 Sortenabweicher je 200 Korn anerkennungsfähig, die Anteile der untersuchten Proben, die in diesem Falle anerkennungsfähig wären sind Tabelle 4 zu entnehmen.

Die Vor und Nachteile der beiden eingesetzten Methoden werden in Tabelle 5 vergleichend dargestellt.

Nachkontrollanbau	Elektrophorese
Vorteile	Vorteile
- auch die im Gesetz geforderte Überprüfung der Anforderungen an die Gesundheit ist möglich - Überprüfung genau der in der Sortenbeschreibung festgelegten Registermerkmale	- statistisch sichere Methode und schnelle Methode - frühzeitig einsetzbar (vor der Ernte) und sofort wiederholbar - hochsensitive Methode - organisatorisch und apparativ wenig aufwändig - kostengünstig - unabhängig von der Vegetationsperiode und Witterung
Nachteile	Nachteile
- Ergebnisse liegen erst 1 Jahr verzögert vor - Unsicherheiten bei "unruhigem" Sortenerscheinungsbild - personal und zeitintensiv und daher teuer - organisatorisch und apparativ aufwendig - abhängig von der Vegetationsperiode und Witterung	Gesundheitsprüfung am Saatgut muß getrennt durchgeführt werden

Tabelle 5 Vor- und Nachteile des Nachkontrollanbaues und der Elektrophorese

Zusammenfassung

Mit den vorgestellten Untersuchungen soll erarbeitet werden, ob die biochemische Methode der Isoelektrischen Fokussierung den Nachkontrollanbau ohne Qualitätseinbußen zu ersetzen vermag. Sortenabweichungen sind im elektrophoretischen Bandenmuster klar zu erkennen. Die Elektrophorese in der Qualitätsüberwachung bei der Erzeugung von Basis- und Liniensaatgut angewandt kann dienlich sein Problemsorten und Problempartien frühzeitig zu erkennen. Dadurch lässt sich verhindern, daß kritische Saatgutpartien von Basissaatgut erst als Z-Saatgut vermehrt werden. Durch eine frühzeitige Kontrolle und konsequenter Herabstufung bemängelter Basispartien zu Z-Saatgut ist die Sicherung der Versorgung mit qualitativ hochwertigem Basissaatgut für den Anbau in der Z-Stufe möglich. Die hohe Sensitivität der Methode gibt tiefgreifende Informationen, die Aussage aus den Untersuchungen muß daher auf die Bedürfnisse die sich aus dem Verbraucherschutz, den Züchter- und Vermehrerinteressen gemeinsam ergeben feinabgestimmt werden. Somit kann finanzieller Schaden von den Saatgutvermehrern und Züchtern im Vorfeld verhindert werden. Garantiert hohe Saatgutqualitäten können das gegenseitige Vertrauen in die Leistungsfähigkeit der Züchterhäuser und deren Sortenangebot sowie der Saatgutvermehrungs- und Aufbereitungsbetriebe stärken.

Saatgut-Monitoring auf gentechnisch veränderte Bestandteile in Sachsen 2001

Westphal, Karsten (Leipzig)¹; Vogel, Holger (Nossen)²

Einleitung

In Deutschland wird der Einsatz von gentechnisch veränderten Pflanzen in der Landwirtschaft sehr kontrovers diskutiert. Befürworter wie Gegner plädieren gegenwärtig für die Wahlfreiheit der Verbraucher zwischen Produkten einer landwirtschaftlichen Produktion, die Gentechnik nicht nutzen möchte oder auf diese verzichtet, und einer Landwirtschaft, die Gentechnik einsetzt.

Der Anbautrend gentechnisch veränderter Sorten zeigt weltweit nach oben. Im Jahr 2001 ist die Anbaufläche auf fast 53 Millionen ha gestiegen. 99 % dieser Fläche entfallen auf die Länder USA, Argentinien, Kanada und China. Unter den gentechnisch veränderten Pflanzen hat sich Soja durchgesetzt. Der Anteil von gentechnisch verändertem Soja an der Weltsojaproduktion lag 2001 mit 33,3 Millionen ha bei 46 %. Gentechnisch veränderte Sorten von Mais wurden 2001 auf 9,8 Millionen ha, von Baumwolle auf 6,8 Millionen ha und von Raps auf 2,7 Millionen ha angebaut.

In der EU werden bislang mit Ausnahme von Spanien (z.B. 20.000 ha Bt-Mais-Anbau im Jahr 2000), Frankreich und Deutschland (beide begrenzte Anbauversuche) in keinem Land kommerziell gentechnisch veränderte Pflanzen angebaut. 1999 einigten sich die EU-Umweltminister darauf, vorerst keine weiteren Zulassungen von gentechnisch veränderten Pflanzen zu erteilen, bis die überarbeitete, verschärfte Freisetzungsrichtlinie (2001/18/EG) Inkraft tritt.

Im Jahr 2001 wurde auf Initiative der Agrar- und Umweltminister in den Bundesländern ein Saatgut-Monitoring konventioneller Pflanzensorten auf gentechnisch veränderte Bestandteile durchgeführt. Anlass war der Nachweis geringfügiger Mengen von gentechnisch verändertem Raps in Sommerraps-Saatgut im Jahr 2000. Im Freistaat Sachsen werden mit dem Saatgut-Monitoring vor allem folgende Ziele verfolgt:

- Stichprobenkontrolle im Saatguthandel von konventionellen Sorten solcher Arten und Saatgutherkünfte, die am ehesten eine unzulässige Verunreinigung mit gentechnisch veränderten Samen erwarten lassen, um das Inverkehrbringen solchen Saatguts auszuschließen und die gegenwärtige Situation beurteilen zu können
- Abstimmung der Überwachungstätigkeit nach Gentechnikgesetz und nach Saatgutverkehrsgesetz mit Nutzung vorhandener administrativer Kontroll- und Prüfverfahren
- Zusammenarbeit der beteiligten Überwachungsbehörden bei der Erarbeitung von Analysemethoden und bei der Weiterentwicklung der Kontrollverfahren

¹ Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, FB Landwirtschaftliche Untersuchungen, Gustav-Kühn-Straße 8, 04159 Leipzig; eMail: Karsten.Westphal@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

² Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, FB Sortenprüfung und Feldversuchswesen, Waldheimer Straße 219, 01683 Nossen

Über die Ergebnisse wird nachfolgend berichtet.

Material und Methoden

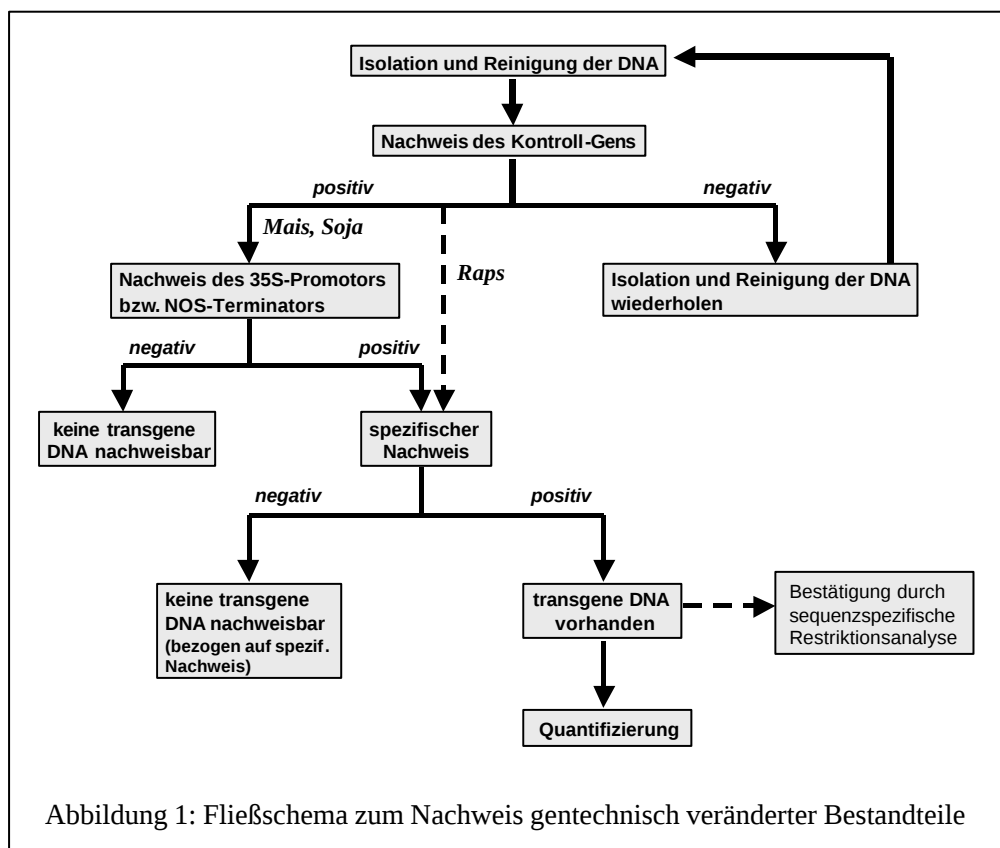
Im Rahmen des Saatgut-Monitorings wurden von 4 verschiedenen Fruchtarten insgesamt 87 Saatgutpartien beprobt. Die Verteilung der beprobten Parteien ist in der Tabelle 1 festgehalten.

Tabelle 1: Verteilung der beprobten Saatgutpartien hinsichtlich Fruchtart und Herkunft

Fruchtart	Proben- anzahl	EU-Länder	Partieherkünfte Drittländer	
			Mittel- u. Ost- europa	Außerhalb Europas
Mais	53	26,5 %	47,0 %	26,5 %
Sommerraps	2	100 %		
Winterraps	30	100 %		
Soja	2	100 %		

Die molekularbiologischen Untersuchungen erfolgten gemäß dem „Konzept für ein einheitliches Vorgehen bei der experimentellen gentechnischen Überwachung von GVO-Anteilen in konventionellem Saatgut“ des Länderausschusses Gentechnik (www.rki.de). Zur Untersuchung wurde die eingesandte Probe (Mais und Soja: ca. 1000g, Raps: ca. 200g) zerkleinert. Die Aufarbeitung erfolgte mit Hilfe des DNeasy Plant Mini Kits der Fa. Qiagen.

In Abbildung 1 ist das Fließschema für den Nachweis von gentechnisch veränderten Bestandteilen mit Hilfe der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) dargestellt.



Mais und Soja

Für den Nachweis von gentechnischen Veränderungen im Mais und Soja mittels PCR-Technik wird zunächst ein Screening-Test auf den 35S-Promotor und NOS-Terminator (Regulationssequenzen der gentechnischen Veränderung) durchgeführt. Damit können 18 von 20 weltweit bekannten Mais- bzw. die 5 Soja-Linien erfasst werden. Bei positivem Befund folgen spezifische Nachweise auf die vier in der EU zugelassenen Maislinien (Bt176, Bt11, T25 und MON810) bzw. auf Roundup Ready Soja.

Raps

Die Untersuchungen beim Raps umfassen dagegen drei konstruktsspezifische Nachweise (pat-, bar-, EPSPS-Gen) und einen Screening-Test (nptII-Gen). Mit diesen vier Nachweisen werden 13 von 14 möglichen Raps-Linien erfasst.

Die Nachweisgrenzen liegen bei den oben genannten Methoden bei ca. 0,1%. Zur Überprüfung der Amplifizierbarkeit der extrahierten DNA wird in der Kontroll-PCR eine konservierte Chloroplasten-t-RNA-Sequenz (Kontroll-Gen) vervielfältigt.

Ergebnisse

Raps und Soja

Sowohl bei den Raps- als auch bei den Sojaproben fielen die Analysen auf gentechnische Veränderungen negativ aus (Tabellen 2 und 3).

Tabelle 2: Untersuchungsergebnisse Raps

Fruchtart	Proben-anzahl	Nachweis							
		Glufosinat-Resistenz (pat-Gen)		Glufosinat-Resistenz (bar-Gen)		Glyphosat-Resistenz (EPSPS-Gen)		Antibiotika-Resistenz (nptII-Gen)	
		negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
Winterraps	30	30	0	30	0	30	0	30	0
Sommerraps	2	2	0	2	0	2	0	2	0

An den 2 Sojaproben wurde zusätzlich zum Screening-Test der Roundup Ready-Nachweis (Glyphosatresistenz) durchgeführt, in beiden Fällen mit negativem Befund.

Tabelle 3: Untersuchungsergebnisse Soja

Fruchtart	Proben- anzahl	Screening-Test				Spezifischer Nachweis Glyphosat- resistenz
		35S-Promotor		NOS- Terminator		
		negativ	positiv	negativ	positiv	
Soja	2	2	0	2	0	negativ

Mais

In einer von den 53 Maisproben wurde der 35S-Promotor nachgewiesen (Tabelle 4). Die daraufhin durchgeführten spezifischen Nachweise ergaben einen positiven Befund beim MON810-Nachweis. Dieser Befund wurde durch Restriktionsanalyse

bestätigt. Die Quantifizierung über eine Sequenz des 35S-Promotors ergab einen Anteil von kleiner 0,1 %.

Tabelle 4: Untersuchungsergebnisse Mais

Fruchtart	Proben- anzahl	Screening-Test				Spezifische Nachweise				GVO- Gehalt
		35S- Promotor		NOS- Terminator		Bt 11	Bt 176	MON 810	T 25	
		negativ	positiv	negativ	positiv					
Mais	53	52	1	53	0	-	-	+	-	< 0,1 %

Das Saatgut wurde aus Argentinien eingeführt und in Deutschland aufbereitet. Im Rahmen der Prozesseigenkontrolle hat die Saatgutfirma sowohl das Ausgangsmaterial als auch die endaufbereitete Partie auf gentechnisch veränderte Bestandteile untersuchen lassen. Es wurden keine gentechnischen Veränderungen nachgewiesen. Eine nachträgliche Untersuchung von Rückstellproben der drei Ausgangspartien sowie der endaufbereiteten Partie durch die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft fielen ebenfalls negativ aus.

Für die Maislinie MON810 liegt bereits eine Genehmigung zum Inverkehrbringen nach Gentechnikrecht vor. Ein vorsätzlicher oder fahrlässiger Verstoß gegen die Kennzeichnungspflicht seitens der Saatgutfirma lag nicht vor.

Schlußfolgerung

In einer Probe wurde in Sachsen eine Verunreinigung im Spurenbereich mit der in der EU zum Inverkehrbringen zugelassenen gentechnisch veränderten Maislinie MON810 festgestellt. Die festgestellte Verunreinigung war sehr gering und in der Saatgutpartie offensichtlich nicht homogen verteilt. Die sich daraus ergebenden Fragen nach Mittelwert und Ergebnisspielraum wären bei der Weiterentwicklung der Kontrollverfahren zu klären und sollten bei der Festlegung von Schwellenwerten Berücksichtigung finden.

Vorerst bestätigt wurde die These, dass bei Saatgutherkünften konventioneller Pflanzensorten aus Nord- und Südamerika am ehesten eine Verunreinigung mit gentechnisch veränderten Samen zu erwarten ist.

Es zeigte sich, dass die Saatgutwirtschaft dem Problem einer unbeabsichtigten Verunreinigung der Saatgutpartien mit gentechnisch veränderten Bestandteilen mittels umfangreicher Eigenkontrolle entgegensteuert.

Weitreihenbau bei Weizen: Strategie zur Optimierung von Backqualitäten und Fruchtfolge im ökologischem Landbau

Konstantin Becker (Gießen)¹, Günter Leithold, Harald Schmidt

Einleitung

Herkömmliche Anbausysteme von Winterweizen erbringen im ökologischen Landbau aufgrund limitierter Nährstoffbedingungen zumeist eine mangelnde Backqualität. Die an Backweizen gestellten hohen Qualitätsansprüche können durch eine Aussaat mit Reihenabständen bis zu 50 cm mit höherer Sicherheit erreicht werden (STUTE 1996; RICHTER 1999; HOCHMANN 1999). Mit der Erweiterung der Reihenweiten soll ein für den ökologisch wirtschaftenden Landwirt praktikables System zur zuverlässigeren Qualitätsweizenerzeugung bei gleichzeitiger Verbesserung der Unkrautregulierung und Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit etabliert werden. Positive Erfahrungen bestehen in der Praxis hinsichtlich einer Begrünung der Reihenzwischenräume mit legumen Untersaaten zur zusätzlichen Bindung von Luftstickstoff, als Erosionsschutz und zur Unkrautunterdrückung.

Der hier vorgestellte Beitrag informiert über Effekte auf Kornertrag und Qualität des Erntegutes, die von einer Reihenerweiterung auf 50 cm ausgegangen sind. Desweiteren erfolgte ein Vergleich zur Wirkung legumer Untersaaten sowie zur Wirkung des Einsatzes eines neu entwickelten Reihenummulchgerätes, mit dessen Hilfe der Aufwuchs zwischen den Reihen während der Vegetation reguliert werden kann.

Material und Methoden

Auf vier Praxisstandorten wurden in den Vegetationsperioden 1999/2000 und 2000/2001 mit der Winterweizensorte Bussard (E) Versuche zur oben genannten Problematik durchgeführt (Tabelle 1 und Tabelle 2).

Tabelle 1: Versuchsstandorte

Bundesland	Standort	Niederschlag mm/a	Bodenart/- bonität
Baden- Württemberg	Rottweil, oberer Neckarraum	750	s-sl-t / 45
Brandenburg	Wilmsdorf, Uckermark	532	S-L / 20-65
Hessen	Bad Homburg, vorderer Taunus	480	SI / 75-82
Hessen	Gemünden, Ausläufer des Vogelsberges	680	Lt / 47

Tabelle 2: Versuchsanlage in den Vegetationsperioden 1999/2000 und 2000/2001

Anlagemethode:	Vollrandomisierte zweifaktorielle Blockanlage
----------------	---

¹ eMail: Konstantin.Becker@agr.uni-giessen.de

Kontrollen	k ₁ : praxisüblicher Reihenabstand k ₂ : weite Reihe ohne Untersaat, gehackt
Prüffaktor A:	Saattermin der Untersaat, 3 Faktorstufen: a ₁ : Aussaat zusammen mit Winterweizen im Herbst a ₂ : Aussaat im frühen Frühjahr (März) , einmal gehackt a ₃ : Aussaat im späten Frühjahr nach mehrmaligem Hacken
Prüffaktor B:	Mulchtechnik, 2 Faktorstufen: b ₁ : ohne Kontrolle der Beisaaten b ₂ : Kontrolle der Beisaaten mit Reihenmulchtechnik
Wiederholungen:	4
Gesamtparzellenzahl:	32
Parzellenbreite:	Maschinenbreite (3m)
Parzellenlänge:	20 m

Die Reihenweiten betrugen aufgrund der technischen Vorgabe durch die Reihenmulchmaschine außer in k₁ 50 cm. Die Aussaatstärke richtete sich in der ersten Vegetationsperiode in allen Varianten nach den standortüblichen Werten. Zur Aussaat 2000 wurde die Saatstärke in den Varianten mit 50 cm Reihenweite auf 75% der üblichen Aussaatstärke reduziert.

Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 3 sind die Erträge und die Qualitätsparameter der Ernte 2000 zusammengefasst.

Der **Kornertrag** der Vergleichsvariante mit praxisüblicher Reihenweite k₁ lag im Mittel der vier Standorte bei 33,7 dt/ha. Aufgrund der großen Streuung der Werte ließen sich keine signifikanten Unterschiede durch die Vergrößerung der Reihenweite auf 50 cm beobachten. Tendenziell lagen die Erträge in den Weitreihenvarianten auf einem gleichen bis höheren Niveau gegenüber der Kontrolle. Die mit der Erhöhung der Reihenweite einhergehende Veränderungen der Standraumzumessungen der Einzelpflanzen zugunsten mechanischer Pflegearbeiten und Entwicklungsmöglichkeiten für Untersaaten müssen demnach nicht mit Ertragseinbußen verbunden sein. Nachweisbare Ertragsvor- oder Ertragsnachteile durch die Etablierung von Untersaaten sowie durch den Einsatz des Reihenmulchgerätes waren nicht zu beobachten.

Tabelle 3: Ertrag und Qualität von Winterweizen bei praxisüblicher Reihenweite (k_1) und Reihenweiten von 50 cm bei verschiedenen Untersaatterminen und Pflegemaßnahmen (Mittel der vier Versuchsstandorte, Erntejahr 2000).

Varianten**		Kornertrag dt/ha		Rohprotein %		Feuchtkleber %		Sedimen- tationswert	
1	k_1	33,7	a*	10,7	a	23,6	a	38,5	a
2	k_2	35,7	a	11,7	ab	26,5	ab	46,4	a
3	a_1b_1	33,3	a	11,3	ab	25,0	ab	44,4	a
4	a_2b_1	33,1	a	11,7	ab	26,6	ab	46,3	a
5	a_3b_1	34,8	a	12,0	b	27,8	b	47,2	a
6	a_1b_2	34,7	a	11,7	ab	26,0	ab	44,9	a
7	a_2b_2	35,2	a	11,7	b	26,7	ab	45,1	a
8	a_3b_2	35,8	a	11,7	b	26,5	ab	45,4	a

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\alpha \leq 0,05$
(einfaktorielle Verrechnung)

****Prüffaktoren und Prüfglieder**

K-Kontrollen: k_1 - praxisüblicher Reihenabstand (12,5 cm)
 k_2 - Weite Reihe (50 cm), ohne Untersaat, gehackt
 A-Untersaaten: a_1 - Herbstsaat
 a_2 - Aussaat März
 a_3 - Aussaat spätes Frühjahr
 B-Mulchtechnik: b_1 - mit Beikrautregulierung durch Mulchtechnik
 b_2 - ohne Beikrautregulierung durch Mulchtechnik

Varianten-Nr.

1 = k_1
 2 = k_2
 3 = a_1b_1
 4 = a_2b_1
 5 = a_3b_1
 6 = a_1b_2
 7 = a_2b_2
 8 = a_3b_2

Bei den untersuchten **Qualitätsparametern** konnte durchgehend eine Verbesserung durch den Weitreihenbau festgestellt werden.

Bezüglich des Parameters **Rohprotein** erreichten die normalgesäten Kontrollvarianten im Durchschnitt den Wert von 10,7 %, was aus backtechnologischer Sicht nur als befriedigend gewertet wird. Der durch das Weitreihenverfahren erreichte Rohproteingehalt reichte von 11,3 % bis 12 % und entsprach damit den höheren Anforderungen der Verarbeiter. In den Varianten a_3b_1 , a_2b_2 und a_3b_2 wurden gegenüber der Kontrollvariante k_1 signifikant höhere Rohproteingehalte beobachtet.

Mit einem **Feuchtkleberanteil** von 23,6 % wurde in den normal gesäten Varianten die niedrigsten Werte erzielt. Signifikant unterschiedlich von dieser Kontrollvariante war die Variante a_3b_1 , die mit 27,8 % Feuchtkleberanteil den höchsten Wert erreichte. Innerhalb der Varianten mit weitem Reihenabstand bestanden keine signifikanten Unterschiede gefunden werden.

Die **Sedimentationswerte** lagen in den Varianten mit 50 cm Reihenabstand auf einem hohen Niveau. Hier wurden durch den Reihenabstand von 50 cm Werte von 44,4 bis 47,2 erreicht, während der Sedimentationswert im Normalsaatverfahren nur 38,5 erreichte. Diese Unterschiede konnten jedoch statistisch nicht abgesichert werden.

Zweifaktorielle Varianzanalysen ergab, dass im ersten Untersuchungsjahr der Saatzeitpunkt der Untersaat sowie das Mulchen keinen signifikanten Einfluss auf die Erträge und die Qualitätsparameter ausübten.

Im Erntejahr 2001 konnten bei keinem der untersuchten Parameter Unterschiede zwischen den Varianten abgesichert werden (Tabelle 4).

Tabelle 4: Ertrag und Qualität von Winterweizen bei praxisüblicher Reihenweite (k_1) und Reihenweiten von 50 cm bei verschiedenen Untersaatterminen und Pflegemaßnahmen (Mittel der vier Versuchsstandorte, Erntejahr 2001).

Varianten**		Kornertrag dt/ha		Rohprotein %		Feuchtkleber %		Sedimen- tationswert	
1	k_1	46,7	a*	10,2	a	22,7	a	25,9	a
2	k_2	41,5	a	10,6	a	24,0	a	29,5	a
3	a_1b_1	37,4	a	10,5	a	23,0	a	26,5	a
4	a_2b_1	43,1	a	10,7	a	25,0	a	30,4	a
5	a_3b_1	44,6	a	10,8	a	24,1	a	29,8	a
6	a_1b_2	37,5	a	10,4	a	23,8	a	26,7	a
7	a_2b_2	42,3	a	10,5	a	22,9	a	27,7	a
8	a_3b_2	41,3	a	10,6	a	23,7	a	30,1	a

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede, Tukey-Test $\alpha \leq 0,05$
(einfaktorielle Verrechnung)

****Prüffaktoren und Prüfglieder**

K-Kontrollen: k_1 - praxisüblicher Reihenabstand (12,5 cm)
 k_2 - Weite Reihe (50 cm), ohne Untersaat, gehackt
 A-Untersaaten: a_1 - Herbstsaat
 a_2 - Aussaat März
 a_3 - Aussaat spätes Frühjahr
 B-Mulchtechnik: b_1 - mit Beikrautregulierung durch Mulchtechnik
 b_2 - ohne Beikrautregulierung durch Mulchtechnik

Varianten-Nr.

1 = k_1
 2 = k_2
 3 = a_1b_1
 4 = a_2b_1
 5 = a_3b_1
 6 = a_1b_2
 7 = a_2b_2
 8 = a_3b_2

Der **Kornertrag** 2001 lag insgesamt auf einem höheren Niveau als im Vorjahr, die Qualitäten fielen dagegen niedriger aus. Der höchste Kornertrag im Mittel der Versuchsstandorte wurde in der Kontrollvariante k_1 mit 46,7 dt/ha erreicht (keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten). Die geringsten Ertragsdefizite bei 50 cm Reihenabstand gegenüber der Kontrolle k_1 lagen bei später Aussaat der Untersaat im Frühjahr (nach zweimaligem Hacken) und Einsatz der Reihenmulchmaschine (a_3b_1 : 44,6 dt/ha) vor. Die Erträge in den Varianten mit Herbstuntersaat fielen durch Auswintern und Verunkrautung stark ab (a_1b_1, a_1b_2).

Bei den untersuchten **Qualitätsparametern** Rohprotein, Feuchtkleber und Sedimentationswert konnte wie im Vorjahr durchgehend eine Verbesserung durch die Erhöhung der Reihenweite auf 50 cm beobachtet werden. Das Qualitätsniveau war witterungsbedingt insgesamt niedriger und die Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten ließen sich statistisch nicht absichern.

Zweifaktorielle Varianzanalysen ergaben wie im Vorjahr, dass der Saatzeitpunkt der Untersaat sowie das Mulchen keine signifikanten Einflüsse auf Ertrag und Qualität ausübten.

Die vorgestellten Ergebnisse werden zum Teil durch andere Untersuchungen bestätigt. An der Landesversuchsanstalt Bernburg wurden in den Jahren 1998 und 1999 bei Reihenweiten von 37,5 cm gegenüber 13,5 cm stabile Kornerträge bei

erhöhtem Rohproteinwert beobachtet (RICHTER 1999). Untersuchungen an der Landesversuchsanstalt Futterkamp ergaben bei einem Weizenanbau mit 50 cm Reihenweite gegenüber 11 cm Reihenweite einen Minderertrag von 14 % bei gleichzeitig deutlicher Anhebung der Qualitätsparameter (HOCHMANN 1999).

Eine **ökonomische Bewertung** des hier untersuchten Weitreihensystems wurde projektbegleitend am Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume an der FAL in Braunschweig durchgeführt. Nach STROHM-LÖMPCKE et al. (2002) ist die Anwendung des Weite-Reihe-Anbaus in der Regel mit einem leichten Anstieg der Arbeitserledigungskosten verbunden. Modellrechnungen zeigten, dass sich die Einführung des Weite-Reihe-Systems besonders dann lohnt, wenn daraus positive Effekte auch für andere Produktionsverfahren resultieren und/oder die Umsetzung gesamtbetrieblicher Anpassungen möglich wird. So können z.B. die aus der erfolgreichen Etablierung einer Untersaat resultierenden guten Vorfruchtwirkungen der Weite-Reihe-Kultur zu Ertragssteigerungen in der Folgefrucht führen und darüber hinaus eine ökonomisch interessante Umstellung der Fruchtfolge insgesamt ermöglichen. Durch eine Reduzierung des Grünbracheanteils oder eine Ausdehnung von Kulturen mit hoher Rentabilität, wie z.B. der Hackfrüchte, läßt sich zum einen der Gesamtertragsfruchtfolge erhöhen; zum anderen tragen diese Maßnahmen gesamtbetrieblich durch die bessere Auslastung vorhandener Maschinen- und von Arbeitskapazitäten zu Effizienzsteigerungen bei. Des weiteren wird aufgeführt, dass der Anbau von Winterweizen in Weite Reihe zu einer deutlichen Verbesserung der Backqualitäten im Winterweizen führt. Werden diese durch Preisaufschläge in entsprechender Höhe entlohnt, ist die Einführung der Weite Reihe auch ohne weitere Anpassungen auf gesamtbetrieblicher Ebene dem Normalsaatverfahren überlegen. Für Betriebe, in denen die Einführung der Weite Reihe im Weizenbau ausschließlich der Realisierung von Qualitätszielen dient, sind daher Entwicklungen auf dem Markt für ökologisch erzeugtes Qualitätsgetreide von hoher Bedeutung. Werden in den Betrieben darüber hinaus Gewinnbeiträge als Folge von innerbetrieblichen Anpassungen realisiert, erhöht sich dementsprechend die Wettbewerbsfähigkeit des Weite-Reihe-Verfahrens zusätzlich.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse zeigten, daß sich eine Erhöhung der Reihenweite auf 50 cm positiv auf die Ausbildung von Qualitäten bei Backweizen auswirkte. Je nach Jahreswitterung und Stickstoffangebot durch die Vorfrucht trat dieser Effekt unterschiedlich deutlich in Erscheinung. Teilweise wurden höhere Erträge gegenüber normal gesättem Weizen erzielt (Ernte 2000). Es traten aber auch Mindererträge bis zu 10 % auf (Ernte 2001). Gleichzeitig wurde festgestellt, dass durch die Etablierung einer Untersaat in den Reihenzwischenräumen keine Konkurrenzwirkungen ausgingen, die sich negativ auf die Ertragshöhe oder auf die untersuchten Qualitätsparameter ausgewirkt haben. Bei den Qualitäten wurde eine mit der Erhöhung der Reihenweite zusammenhängende Verbesserung erzielt. Die Resultate der beiden Versuchsjahre zeigten - auch unter Berücksichtigung der Erfahrungen anderer Versuchsansteller -, dass das System Weite Reihe für die Erzeugung von Qualitätsweizen im ökologischen Landbau eine interessante Alternative zur üblichen Anbauweise darstellen kann. Aus ökonomischer Sicht sind neben den zu

realisierenden höheren Erlösen durch verbesserte Weizenqualitäten vor allem der erhöhte Vorfruchtwert von gesamtbetrieblichem Interesse.

Weiterhin vorgesehen sind standortdifferenzierte Interpretationen, eine Berücksichtigung positiver Umweltwirkungen und Aussagen zu Vorteilen bezüglich des Unkrautmanagements.

Literatur

HOCHMANN, J. 1999: Winterweizen-Reihenabstandsversuche (System Stute), Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Versuchsbericht ökologischer Landbau

RICHTER, S. 1999: Reihenweiten bei Winterweizen auf Ertrag und Qualität, Jahresbericht Landesversuchsanstalt Bernburg

STROHM-LÖMPCKE, R; RIEDEL, J; NIEBERG, H. 2002: Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe für eine umweltgerechte Getreideproduktion unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen - Betriebswirtschaftliche Analyse-, Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume, FAL Braunschweig, FE-Bericht

STUTE, J. 1996: Erlaubt ist, was dem Boden nützt, bio-land 3/96, 12-14

Das Forschungsvorhaben „Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe“ wird durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Frankfurt/Main, gefördert.

Vergleichende bodenzoologische Untersuchungen auf konventionell und ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen

Bauchhenß, Johannes (Freising)¹

1. Einleitung

Da Bodentiere wesentlich zur Nährstoffnachlieferung im Boden und zur Verbesserung der Bodenstruktur beitragen ist individuenreiches vielfältiges Bodenleben mit einer hohen Biomasse eine wichtige Voraussetzung für eine nachhaltige, natürliche Bodenfruchtbarkeit.

Gerade der ökologische Landbau ist ohne intaktes Bodenleben nicht denkbar (vgl. FRANZ 1950, RUSCH 1980, KOEPF, PETTERSON u. SCHAUMANN 1980), da der Landwirt hier hauptsächlich auf Pflanzennährstoffe angewiesen ist, die durch Bodenorganismen aus Ernterückständen, Gründüngung und Wirtschaftsdüngern freigesetzt werden.

In der vorliegenden Arbeit werden die an der LBP bisher durchgeführten vergleichenden bodenzoologischen Untersuchungen von ökologisch und konventionell bewirtschafteten Flächen zusammengefasst.

Stellvertretend für die anderen Glieder der Bodenbiozönose werden die Regenwurmtaxozönosen verglichen. Regenwürmer gehören zu den wichtigsten Bodentiergruppen, weil sie aufgrund ihrer hohen Biomasse einen wesentlichen Anteil an der tierischen Stoffumsatzleistung haben und zudem durch ihre Lebensweise zur Verbesserung der Bodenstruktur beitragen. Ihre Bedeutung für den Boden ist unumstritten.

Regenwürmer sind zudem auf landwirtschaftlichen Flächen wichtige und ökologisch bedeutsame Indikatororganismen (vgl. BAUCHHENSS 1993, 1998, 2001). Da sie als einzige wirbellose Bodenbewohner aktiv im Boden graben und die verlassenen Röhren Lebensräume für andere nichtgrabende Organismen darstellen, sind sie der Ausgangspunkt für die Besiedlung des Bodens durch andere nicht grabende Bodentiere. Aufgrund ihrer langen Lebensdauer reagieren sie deutlich, auch auf geringe, aber langfristig wirkende Belastungen.

2. Material und Methode

Zeitspanne der Untersuchungen

Die Untersuchungen zum Ökologischen Landbau begannen mit einem Versuch am Neuhof, auf dem die „Auswirkungen abgestufter Intensitäten im Pflanzenbau auf Lebensgemeinschaften des Ackers, Bodenfruchtbarkeit und Ertrag“ getestet wurden (BAUCHHENSS 1991a). Die bodenzoologischen Erhebungen auf diesem Versuch wurden von 1983 bis 1988 durchgeführt (vgl. BAUCHHENSS u. HERR 1986). Gleichzeitig wurden Vergleichsuntersuchungen auf konventionell und alternativ bewirtschafteten Praxisflächenpaaren eingeleitet. Diese wurden von 1984 bis 1987 durchgeführt, 1984 auf 19 Flächenvergleichspaaren, 1985-1987 reduziert auf 5 dieser Vergleichsflächen (BAUCHHENSS 1991b). Weitere Vergleichsuntersuchungen wurden 1998 (K1 und K2) und 1997-1999 (Br1, Br 2, Br 3) auf je 2 Praxisbetrieben an 2 unterschiedlichen Standorten, jeweils auf Flächenpaaren mit ökologischer und konventioneller Nutzung durchgeführt.

¹ eMail: bernd.hoger@freenet.de

Untersuchungsflächen

Die Versuchs- und Vergleichsflächen wurden so ausgewählt, dass die Vergleichsflächen jeweils geologisch, bodentypologisch und standortkundlich auf den gleichen Standorten lagen. So waren Unterschiede der Regenwurmtaxozönosen allein auf die unterschiedliche Wirtschaftsweise zurückzuführen.

Probennahme

Auf jeder Fläche wurden pro Probennahmetermin 10 Stichproben (1984-1987 von je 0,5 m², ab 1988 von je 1 m² Größe) gezogen. Die Regenwürmer wurden mit 0,2% Formalinlösung (40 l /m², in 2 Dosen) ausgetrieben (vgl. BAUCH-HENSS 1982, 1997). Die Tiere wurden in 96% Alkohol abgetötet, konserviert und zunächst nach WILKE 1967, BOUCHE 1972 und PLISKO (1973), später nach HERR u. BAUCHHENSS 1987 determiniert. Die Biomasse wurde aus dem Trockengewicht der Tiere errechnet (vgl. BAUCHHENSS 1982).

Auswertung

Die Entnahme von je 10 Stichproben pro Einzelfläche (1000m²) ermöglicht eine statistisch absicherbare Auswertung der Ergebnisse. Da normalerweise keine Normalverteilung vorliegt, müssen parameterfreie Methoden, wie der U-Test zur statistischen Wertung der Ergebnisse angewendet werden. Wertungskriterien waren Individuendichte, Biomasse, Artenzahlen und Diversität. Da auf landwirtschaftlichen Flächen die Biomasse der Regenwürmer ein maßgebliches Kriterium für Stoffumsatz und Bodenstrukturverbesserung ist, wird im Folgenden nur die Biomasse gewichtet. Die anderen Parameter (Individuendichte, Artendichte und Diversität) sind in den Originalveröffentlichungen dargestellt

Die Verteilung der Untersuchungsflächen über ganz Bayern erlaubt nur einen paarweisen Vergleich der konventionell und ökologisch bewirtschafteten Flächen eines Standorts, da sich die Standorte untereinander in sehr vielen, für die Regenwurmbesiedlung wichtigen Kriterien unterscheiden.

3. Ergebnisse

Versuch Neuhof (vgl. Tab. 1)

Im Versuch wurden unterschiedliche Fruchtfolge-, Düngungs- und Pflanzenschutzintensitäten in verschiedenen Kombinationen nach landwirtschaftlichen Kriterien getestet. Von 1984-1988, beginnend 5 Jahre nach Versuchsbeginn, wurde die Regenwurm-Individuendichte, -Biomasse und -Artendichte mit jeweils 10 Stichproben pro Parzelle bei je zwei Wiederholungen bestimmt. Die in der vorliegenden Arbeit dargestellten Biomassewerte sind Mittelwerte aus den fünf Untersuchungsjahren. Detaillierte Angaben finden sich bei BAUCHHENSS 1991a.

Tabelle 1: Regenwurm-Biomasse auf Parzellen verschiedener Intensitäten, Versuch Neuhof, Mittelwerte aus 5 Versuchsjahren, 2 Wiederholungen, mit je 10 Stichproben. Die Kombinationen D1/PS3, D2/PS3, D3/PS1 und D4/PS1 waren im Versuch nicht angelegt.

	PS1: Mechanischer Pflanzenschutz	PS2: Integrierter Pflanzenschutz	PS3: Prophylaktischer Pflanzenschutz
D1: Org.Düngung, in 4-jähriger Fruchtfolge 1x Rotklee	122g /m ²	56g /m ²	Kombination im Versuch nicht angelegt
D2: Org. Düngung, mit PK Ausgleich, in 4-jähriger Fruchtfolge 1x Rotklee	100g /m ²	37g /m ²	Kombination im Versuch nicht angelegt
D3: Mineraldünger nach Entzug, in 4-jähriger Fruchtfolge 1x Zuckerrüben	Kombination im Versuch nicht angelegt	6g /m ²	6g /m ²
D4: Max. Mineraldünger, in 4-jähriger Fruchtfolge 1x Zuckerrüben	Kombination im Versuch nicht angelegt	7g /m ²	4g /m ²

Flächenvergleichspaare mit konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung (vgl. Tabelle 2 und 3)

Auf 19 Flächenpaaren mit ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung in Süddeutschland wurden im Rahmen eines größeren Untersuchungsvorhabens der LBP jeweils die Kennwerte der Regenwurm-Taxozönosen ermittelt.

1984 wurden 19 Flächenpaare, von 1985-1987 nur die Flächen 6, 8, 9, 10 und 13 jährlich untersucht. Die Ergebnisse sind auf den Tabellen 2 und 3 zusammengefasst.

Untersuchungen auf zwei Praxisbetrieben (vgl. Tab 4)

In den Jahren 1997 und 1998 wurden auf zwei beispielhaft ökologisch und konventionell bewirtschafteten Praxisbetriebspaaren Regenwurmuntersuchungen durchgeführt. Auf dem Betrieb „Kr“ und einem Nachbarn (im tertiären Hügelland) wurden zwei ökologisch bewirtschaftete Flächen mit zwei konventionell bewirtschafteten verglichen. Auf dem Betrieb Br. und dem eines Nachbarn (im Freising-Dachauer Moor) wurde ein Flächenpaar verglichen, dieses aber über 3 Jahre hin.

Jahr	Flächenpaare	Biomasse konventionell (g/m ²)	Biomasse ökologisch (g/m ²)	Signifikanz
1984	1	1,4	11,6	*
1984	2	21,6	155	*
1984	3	32	115,2	*
1984	4	7	34,4	*
1984	6	33	44,6	*
1984	7	64,4	20	*
1984	8	29,6	114,2	*
1984	9	1,6	14,4	*
1984	10	2	9	*
1984	11	3,2	14,6	*
1984	12	0	0	
1984	13	9,6	11	
1984	14	0,4	9,2	*
1984	15	5,8	22,8	*
1984	16	12	18,6	
1984	17	0	22,8	*
1984	18	7,2	0	*
1984	19	15,4	6,6	
1984	20	0	10,2	*

Tabelle 2:

Regenwurmbiomasse (g/m²) auf ökologisch und konventionell bewirtschafteten Flächenvergleich spaaren 1984. Medianwerte der Regenwurmbiomasse aus 10 1m²-Stichproben; *= signifikante Unterschiede (p=0,05); Erläuterungen s. Text.

4. Bewertung und Diskussion

Auf dem Versuch am Neuhof (vgl. Abb.1) war die Regenwurmbiomasse auf den extensiv bewirtschafteten Flächen D1,D2/PS1,PS2 (Rotklee, organischer Dünger, mechanischer oder integrierter Pflanzenschutz) hoch, auf den intensiv bewirtschafteten D3,D4/PS2, PS3 (Zuckerrüben, Mineraldüngung, integrierter oder prophylaktischer Pflanzenschutz) dagegen signifikant geringer. Während der durchschnittliche Biomassewert auf den extensiv bewirtschafteten Flächen bei 78,75 g/m² lag, lag er auf den intensiv bewirtschafteten Flächen bei 5,75 g/m².

Auch innerhalb der Varianten des extensiven Systems ergaben sich signifikante Unterschiede. Hauptsächlich wirkte die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln als begrenzender Faktor.

Jahr	Flächenpaare	Biomasse konventionell (g/m ²)	Biomasse ökologisch (g/m ²)	Signifikanz
1985	6	47	37	
1986	6	33	35	
1987	6	25	38	*
1985	8	19	90	*
1986	8	48	43	
1987	8	33	42	
1985	9	60	56	
1986	9	26	61	*
1987	9	141	237	*
1985	10	78	62	
1986	10	10	39	*
1987	10	22	111	*
1985	13	47	32	
1986	13	40	76	*
1987	13	17	68	*

Tabelle 3:

Regenwurmbiomasse (g/m²)
ökologisch und konventionell
bewirtschafteten
Flächenvergleichspaaren.

1985-1987;
Medianwerte der
Regenwurmbiomasse
aus 10 1m²-Stichproben;

*=signifikante Unterschiede
(p=0,05); Erläuterungen s. Text

Jahr	Flächenpaare	Biomasse konventionell (g/m ²)	Biomasse ökologisch g/m ²	Signifikanz
1997	Br. 1	20,32	99,8	*
1998	Br. 2	20	177,6	*
1999	Br. 3	8	108	*
1998	Kr. 1	30	60	*
1998	Kr.2	7	40	*

Tabelle 4:

Regenwurmbiomasse (g/m²) auf 3
ökologisch und konventionell
bewirtschafteten

Flächenvergleichspaaren 1997-1999. *=
signifikante Unterschiede (p=0,05).

Innerhalb der Varianten des intensiven Systems waren keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Dies ist in erster Linie auf den systembedingt geringen Regenwurmbesatz zurückzuführen.

Dieser Versuch hat zwar keinen Anspruch, ein Versuch zum ökologischen Landbau zu sein, auch wenn auf einer Parzelle (D1/PS1) keine Mineraldünger und Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden. Zum ökologischen Landbau würden weitere Fruchtfolgen und eine bessere Nährstoff- und Humuswirtschaft gehören. Er zeigt aber sehr deutlich die starke Abhängigkeit der Regenwurmtaxozönosen von der Anbauintensität. Diese ist auch bei Vergleichen von ökologisch und konventionell bewirtschafteten Flächen zu beobachten.

Die starke Dezimierung der Regenwurmpopulation bei Steigerung der Intensität kann nur durch eine multiplikative Wirkung einzelner Stressfaktoren (intensive Fruchtfolgen, Mineraldüngung und Pflanzenschutzmaßnahmen) erklärt werden. Würde man die Faktoren in Einzelversuchen prüfen, würden die Unterschiede, auch aufsummiert, längst nicht so deutlich werden.

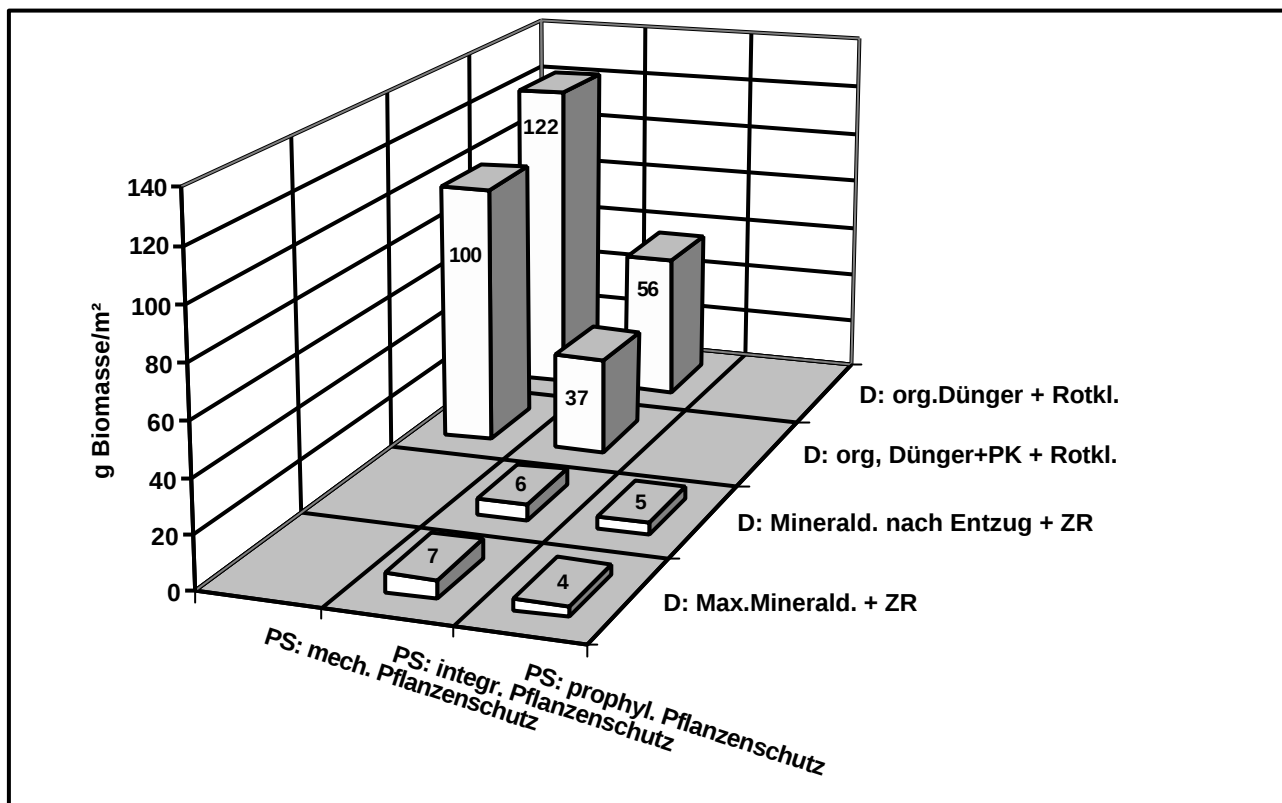


Abbildung 1: Regenwurmbiomasse (g/m^2) auf Parzellen mit unterschiedlicher Intensitätsabstufung am Neuhof (vgl. Tabelle 1)

Auf Abb. 2 sind die Vergleichsuntersuchungen auf **konventionell und ökologisch bewirtschafteten Flächenpaaren** zusammengefasst. 39 Flächenpaare wurden, teilweise mehrjährig, in den unterschiedlichsten Regionen untersucht. Auf 27 dieser 39 Flächenpaare ist jeweils auf der ökologisch bewirtschafteten Fläche die Regenwurmbiomasse signifikant höher. Auf einem Flächenpaar ist die Biomasse auf der konventionell bewirtschafteten Fläche besser und auf elf Flächenpaaren ergibt sich kein signifikanter Unterschied.

Die Ursachen für das gute Abschneiden der ökologisch bewirtschafteten Flächen sind aus den Ergebnissen des Neuhof-Versuchs abzuleiten: Stressfaktoren scheinen sich in ihren Auswirkungen auf die Regenwurmfauna zu multiplizieren und können so sehr deutlich sichtbar werden. Dies ist auch ein Grund dafür, dass sich Regenwürmer so gut als Bioindikatoren eignen.

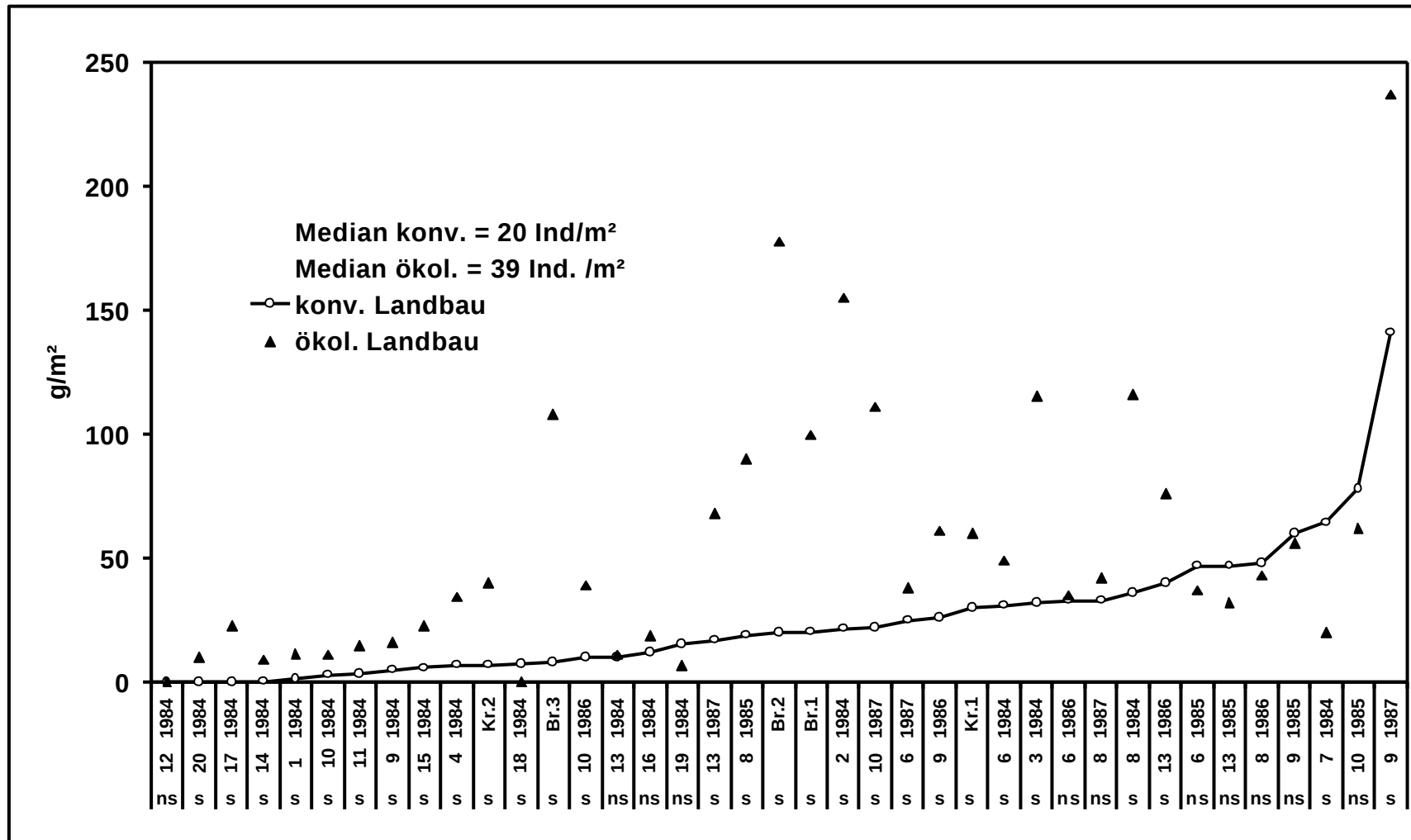


Abbildung 2: Regenwurmbiomasse (g/m²) auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen, jeweils im Vergleich mit den konventionell bewirtschafteten; die Proben sind nach aufsteigenden Werten der konventionell bewirtschafteten Flächen geordnet; die Abbildung beinhaltet die Werte aus den Tabellen 2-4; „s“= signifikante Unterschiede bei p=0,05; „ns“= Unterschiede sind nicht signifikant.

5. Zusammenfassung

Regenwürmer sind gute Bioindikatoren. Ihre ökologische Relevanz und ihre Leistungen für die Nährstoffnachlieferung und die Verbesserung der Bodenstruktur sind unumstritten.

Auf Versuchsflächen unterschiedlicher Intensität und auf Vergleichsflächenpaaren mit ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung wurden die Regenwurmtaxozönosen untersucht. Wertungskriterium in der vorliegenden Arbeit ist die Biomasse, ein für den Stoffumsatz und die Strukturbildung wichtiger Wert.

In der Regel waren auf Flächen mit geringer Intensität oder ökologischem Anbau, die besseren Werte zu verzeichnen. Die Unterschiede waren so groß, dass dies nur durch eine multiplikative Wirkung einer Vielzahl von Stressfaktoren erklärt werden kann

6. Literatur

- BAUCHHENSS, J. (1981): Artenspektrum, Diversität und Umsatzleistung von Lumbriciden auf unterschiedlich bewirtschafteten Grünlandflächen verschiedener Standorte Bayerns. - Bayer. Landw. Jb. 59, 119-124.
- BAUCHHENSS J. (1991a) Regenwurmtaxozönosen auf Ackerflächen unterschiedlicher Düngungs- und Pflanzenschutzintensitäten. Bayer. Lw. Jb. 68, 335-354
- BAUCHHENSS, J. (1991b): Vergleichende Untersuchungen der Regenwurmtaxozönosen auf fünf alternativ und konventionell bewirtschafteten Flächenpaaren. Bayer. Lw. Jb. 68, 430-443
- BAUCHHENSS, J. (1997): Bodenzöologie In: Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF), Bericht nach 10jähriger Laufzeit, Teil III. - Bodenkultur und Pflanzenbau, 6/97-231.
- BAUCHHENSS, J. (1998): Methodik und Relevanz von Regenwurmuntersuchungen auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF). - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 87, 347-350.
- BAUCHHENSS, J. (2001) : Regenwürmer als Bioindikatoren - Methodik und Ergebnisse des Bodenmonitoring. Bodenkultur und Pflanzenbau, 1/01, 57-64.
- BAUCHHENSS, J. et al. (1993): Regenwürmer als Bioindikatoren, Ergebnisse des Bodenbeobachtungsprogramms der LBP. - Schule und Beratung, 93, 07, III 4-8.
- BAUCHHENSS, J. u. S. HERR (1986): Vergleichende Untersuchungen der Individuendichte, Biomasse, Artendichte und Diversität von Regenwurmpopulationen auf konventionell und alternativ bewirtschafteten Flächen. Bayer. Lw. Jb. 63, 1002-1012
- HERR, S. u. J. BAUCHHENSS (1987): Einfacher Bestimmungsschlüssel für Regenwürmer. – Schule und Beratung, 87, 2, III 15-20.

Berücksichtigung von Standortbedingungen bei der Bewertung von Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Betriebssysteme

Jens Abraham (Halle/Saale)¹; Michael Steininger; Kurt-Jürgen Hülshagen; Olaf Christen

1. Einleitung

Mit dem Modell REPRO wurde ein betriebliches Managementsystem entwickelt, welches es ermöglicht, potentielle Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Betriebe darzustellen und zu bewerten. Viele der im Modell integrierten Bewertungsverfahren stehen in einem engen Bezug zu den Standortverhältnissen. Nur diese Verbindung ermöglicht es, landwirtschaftliche Betriebe und deren Produktionsverfahren bezüglich ihrer Anpassung an den Standort beurteilen zu können. Die Abschätzung von Umweltwirkungen, wie Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, Stickstoffumsatz im Boden, Nitrataustrag mit dem Sickerwasser, Bodenerosion und Bodenschadverdichtungen erfordern neben einer detaillierten Darstellung der landwirtschaftlichen Produktionsprozesse eine umfangreiche Grundlage an Daten zu Klima, Boden und Relief. Den Modellanforderungen entsprechende schlagbezogene Standortdaten sind jedoch in den meisten Landwirtschaftsbetrieben nicht vorhanden.

In das Modell REPRO wurde ein Verfahren integriert, um schlag- bzw. betriebsbezogene Standortdaten (Witterungsdaten, Reliefinformationen, Bodenprofile und profilbezogene Parameter, bodenchemische Messwerte) zu erschließen, zu archivieren und für Modellrechnungen zu nutzen. Im Folgenden werden die Parameteranforderungen für einzelne Bewertungen, das Verfahren zur Gewinnung schlagbezogener Standortdaten und die beispielhafte Anwendung in Landwirtschaftsbetrieben dargestellt.

2. Parameteranforderungen für standortbezogene Bewertungen im Modell REPRO

Das Modell REPRO ist modular aufgebaut. Das heißt, dass nicht alle Module bzw. Bewertungsverfahren bei der Modellanwendung genutzt werden müssen sondern die Möglichkeit besteht, sich auf betriebliche bzw. regionale Schwerpunkte zu konzentrieren und gleichzeitig den Erfassungsaufwand an betrieblichen Daten zu reduzieren. Um eine möglichst einfache Modellanwendung zu gewährleisten, werden in den Landwirtschaftsbetrieben nur allgemein vorhandene Daten in das Modell eingegeben und diese durch den Zugriff auf modellinterne Stammdaten mit Koeffizienten (z. B. Nährstoffgehalte in Ernteprodukten) hinterlegt.

Als Mindestanforderungen an Standortdaten für Berechnungen mit dem Modell REPRO benötigt der Nutzer die Kennzeichnung der Flächen aus der Bodenschätzung. Die Bodenart und die Ackerzahl fließen als Eingangsgrößen in die Stickstoff-, Humus- und Energiebilanz ein.

Andere Berechnungsverfahren haben einen wesentlich höheren Bedarf an Standortdaten. Eine Zuordnung ist in Tab. 1 dargestellt.

¹ eMail: abraham@landw.uni-halle.de

Tab. 1: Bedarf an Standortdaten für einzelne Berechnungsverfahren

REPRO-Modul	Datenbedarf	Ergebnisse
N-Umsatz im Boden	<i>Profildaten:</i> - Bodenhorizontbezogene Angaben zur Feldkapazität, permanenter Welkepunkt, Bodenart, Feinanteilgehalt <i>Wetterdaten:</i> - Niederschlag, mittlere Lufttemperatur, Sonnenscheindauer in Tageswerten	- Denitrifikation, - Mineralisierung, - potentieller Nitrataustrag, - Sickerwassermenge, - Nitratkonzentration des Sickerwassers
Bodenerosion nach ABAG	- Klassenzeichen der Bodenschätzung - Hangneigung und Hanglänge - Niederschlagsverteilung im Jahr (langjähriges Mittel)	- potentieller jährlicher Bodenabtrag
potentielle Wassererosionsgefährdung	- Substratflächentyp - Hangneigungsflächentyp	- schlagspezifische Zuordnung zu Wassererosionsgefährdungsklassen
Bodenschadverdichtung	- Substratflächentyp	- Stufe der Verdichtungsgefährdung

3. Verfahren zur Ableitung von Standortdaten

Für die Zuordnung schlagspezifischer Bodendaten im Modell REPRO stehen mit der Auswahl von Musterprofilen und dem Import von Substratflächentypen zwei Verfahren zur Verfügung. Reliefdaten können aus Kartenmaterialien bzw. digitalen Höhenmodellen abgeleitet werden.

Auswahl von Musterprofilen

Der Stammdatenkatalog des Modells REPRO enthält eine Vielzahl von Bodenprofilen, die der Literatur aber auch der Zuarbeit Geologischer Landesämter und Universitäten entstammen. Soweit bekannt, wurde dem Bodenprofilnamen (Bodenform und Substrat) auch der Ort der Profilaufnahme beigelegt. Diese Lokalisierung erleichtert dem Nutzer das Finden „passender“ Bodenprofile. Im Menü Standortdaten können den einzelnen Schlägen bzw. Teilschlägen über eine Auswahlfunktion diese Bodenprofilnamen zugeordnet werden (Abb.1). Diese Musterprofile können flächenspezifisch vom Nutzer durch Löschen oder Einfügen neuer Bodenhorizonte oder der Veränderung bodenphysikalischer Parameter (Bodenart, Feldkapazität usw.) editiert werden. Beziehungen zwischen den einzelnen Bodenparametern werden soweit wie möglich berücksichtigt, so dass sich mit dem Wechsel der Bodenart automatisch auch die Werte für die Feldkapazität und dem permanenten Welkepunkt ändern.

Trotz der ständigen Erweiterung der Musterprofildatenbank bietet dieses Verfahren aufgrund der hohen räumlichen Variabilität von Bodenparametern nur eine grobe Charakterisierung der Standorteigenschaften. Weiterhin setzt die Auswahl von Musterprofilen gute Standortkenntnisse des Nutzers voraus.

The screenshot displays the REPRO software interface for soil profile management. The top bar includes navigation icons and the year 1997. The main window is titled 'Bodenprofile' and 'Modellbetrieb'.

Schlagbezeichnung	Nr.	Teilschlagbezeichnung	Nr.	Jahr	Kürzel	Bodenform
Schlag 1	1	Schlag 1 / 1	1	1997	sR	Sand-Rosterde
Schlag 2	2	Schlag 2 / 1	1	1997	s/IF	Sandtieflerhm-Fahlerde
Schlag 3	3	Schlag 3 / 1	1	1997	sG	Sand-Gleye

Horizont	Tiefe von	bis	Trockenrohdichte	Festschubstanzdichte	Feldkapazität	PWP	Wurzeln
Ap	0	30	1,5	2,64	13	4,5	ja
Bsv	30	50	1,6	2,65	11	2	ja
C	50	150	1,6	2,65	7	1	nein

Buttons: Musterprofile, neuer Horizont, Horizont löschen, alle Horizonte löschen, Horizont merken, Horizont setzen, Übersicht/Detail, Ende.

Parameter assignment for 'Trockenrohdichte':

Horizontbezeichnung/-tiefe: Bodenart/Textur: Bodenwasser / -lagerung:

Trockenrohdichte: mittel 1,45-1,65 (dropdown), 1,5 g/cm³ (input), perm. Welkepunkt: 4,5 V-% (input), Durchwurzelung: ☒ (checkbox).

Festschubstanzdichte: 2,64 g/cm³ (input)

Feldkapazität: 13 V-% (input)

Buttons: OK, Abbruch

Abb. 1: Zuordnung von Musterprofilen im Modell REPRO

Teilschlagbezogene Parameterableitung auf Grundlage von Substratflächentypen

Eine wesentlich höhere Genauigkeit bei der schlagspezifischen Zuordnung von Standortparametern wird über die Zuweisung von Substrattypen erreicht. Als Datengrundlage für die Ableitung der Substrattypen dienen die Ergebnisse der Bodenschätzung, welche als einziges einheitliches Verfahren der Bodenkartierung für Gesamtdeutschland durchgeführt wurde und daher allgemein anwendbar ist. In Auswertung der Grablochbeschriebe werden in hoher Auflösung den untersuchten Flächen Substrattypen zugeordnet. Diese werden unter Berücksichtigung der Flächenanteile in Substratflächentypen (nach MMK) zusammengefasst. Das Ergebnis sind ein für den Teilschlag repräsentativer Substratflächentyp und ein ebenfalls auf der Fläche vorkommender Substratflächentyp, der den stärksten Kontrast darstellt. Diese Substratflächentypen sind durch eine Substratabfolge gekennzeichnet. Die Substrate werden genau wie die Bodenhorizonte in den Musterprofilen durch bodenphysikalische Parameter beschrieben. Gleichzeitig werden den Substratflächentypen nach Verfahren von DEUMLICH & THIERS (1996)

bzw. FRIELINGHAUS et al. (2001) Gefährdungsklassen bezüglich der Verdichtbarkeit und der Erosion zugewiesen. Weitere an die Substrate gekoppelte Informationen sind die Anbaueignung für bestimmte Leitkulturen, die Bodengruppe Düngung sowie die nutzbare Feldkapazität.

Substratflächentypen sind aggregierte standortkundliche Einheiten, die die Vergesellschaftung von Standortmerkmalen nach Art der Standortelemente (qualitatives Merkmal) und deren Flächenanteil (quantitatives Merkmal) wiedergeben. Die Bildung der Flächentypen kann mit Hilfe von Übersetzungsschlüsseln auch aus den Standortdaten der KA4-Nomenklatur erfolgen, wodurch die Bewertungsmethodik nicht auf die MMK-Daten beschränkt ist.

Da die Informationen aus der Bodenschätzung bereits relativ alt sind und sich Veränderungen in der Mächtigkeit der Substrate vollzogen haben können, ist die Möglichkeit gegeben, die abgeleiteten Daten durch Geländearbeiten zu präzisieren.

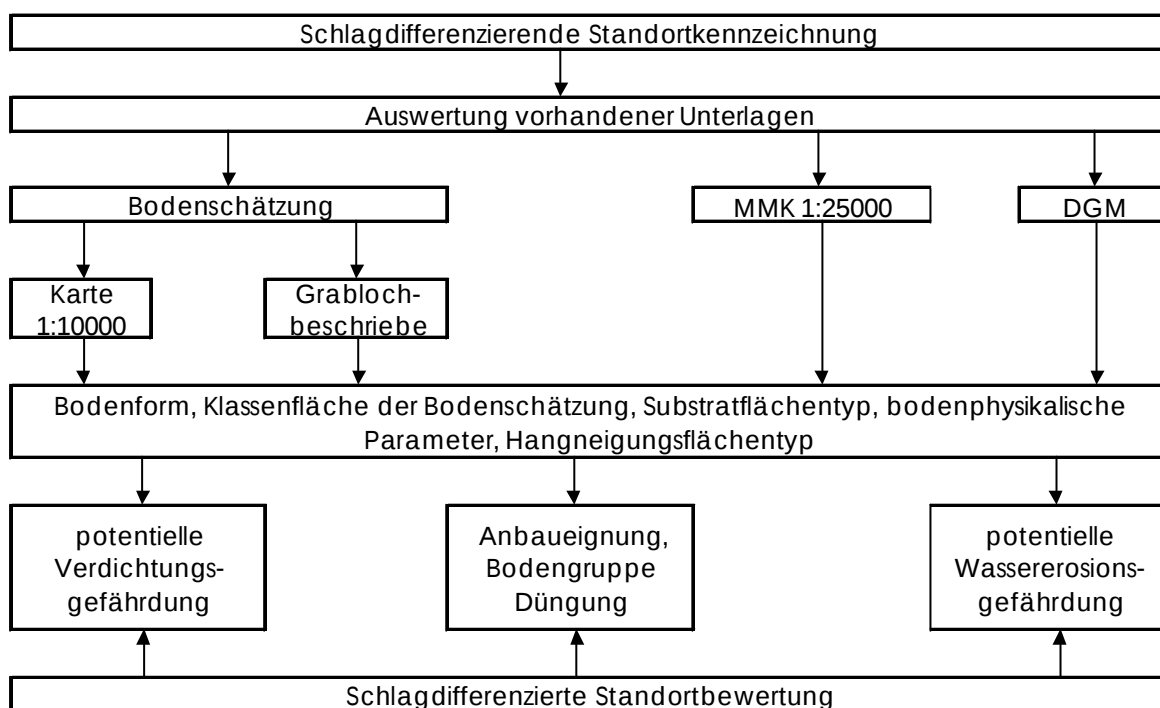


Abb. 2: Arbeitsschritte der schlagdifferenzierenden Standortkennzeichnung und – Bewertung; DGM: Digitales Geländemodell

Das von ALTERMANN et al. (2002) beschriebene Verfahren (Abb. 2) wurde bereits mehrfach in Sachsen-Anhalt verwendet. Über eine Schnittstelle können die Daten direkt in REPRO eingelesen werden.

Import von Wetterdaten

Die unter REPRO verwalteten Wetterdaten werden ebenfalls im Stammdatenspeicher abgelegt. Sie sind einzelnen Wetterstationen zugeordnet. Über Importfunktionen können neu erworbene Daten direkt eingelesen werden. Im Modell wird zwischen aktuellen Wetterdaten (Kennzeichnung Tag, Monat und Jahr) und langjährigen Mittelwerten unterschieden (Kennzeichnung Tag und Monat).

Wetterdaten einzelner Stationen können teilschlagspezifisch zugeordnet werden. Ebenfalls ist eine weitere Bearbeitung der Wetterdaten möglich (z.B. Anpassung der Niederschlagswerte).

4. Nutzung von Standortdaten im Modell REPRO

Berechnung und Bewertung von Nährstoffbilanzen

Im Modell REPRO wird die standortspezifische Verwertungsrate von Stickstoff über die Ackerzahl bestimmt. Dabei wird davon ausgegangen, dass Böden mit geringer Ackerzahl auch nur eine geringe Verwertung des aus der organischen Bodensubstanz freigesetzten Stickstoffs haben. Dementsprechend ist auch der Humusbedarf bei gleichem Ertrag auf niedriger bewerteten Standorten höher.

Für die Bewertung von P- und K-Salden ist es sinnvoll, bodenchemische Messwerte zu diesen Nährstoffen hinzuzuziehen.

Neben den Messwerten zu den bilanzierten Nährstoffen N, P und K sowie organische Bodensubstanz können unter REPRO ebenfalls Messwerte zum pH-Wert, zu Mikronährstoffen und Schwermetallen abgelegt und verwaltet werden.

Berechnung des Stickstoffumsatzes im Boden

Mit der Berechnung des Stickstoffumsatzes im Boden werden die Stickstofffreisetzung im Boden und potentielle N-Verluste mit dem Sickerwasser sowie über die Denitrifikation ausgewiesen. Dieses Verfahren stellt sehr komplexe Ansprüche an Standortdaten (ABRAHAM 2001, HÜLSBERGEN et al. 2002), wobei bodenphysikalische Parameter, Wetterdaten in Tagesschritten und die Frühjahrs- $N_{\min}$ -Gehalte des Bodens (optional) einbezogen werden. Für detaillierte Auswertungen auf Schlagebene bietet sich der modellinterne Vergleich thematischer Karten an (Abb. 3)

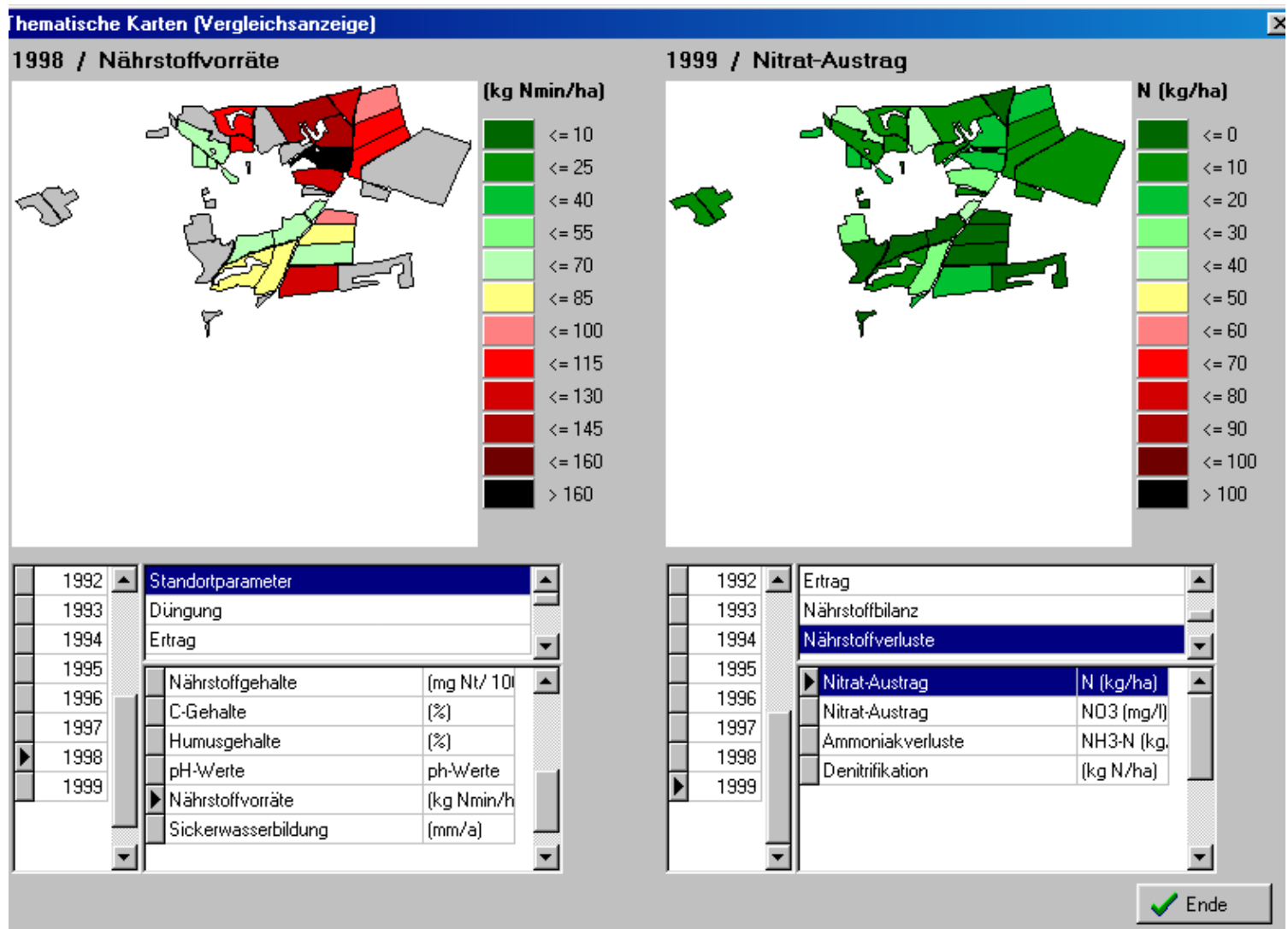


Abb. 3: Vergleich thematischer Karten im Modell REPRO

Bewertung des Bodenabtrages durch Wasser

Im Modell REPRO wurde die Berechnung des potentiellen Bodenabtrages nach der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG; AUERSWALD & V. PERGER, 1998) umgesetzt. Schwerpunkte werden jedoch weniger in der ausgewiesenen Menge an abgetragenen Boden, sondern in der Erosionsgefährdung des Standortes, der Bedeckung des Bodens durch Pflanzen oder Mulch und der Niederschlagsverteilung gesehen.

Durch die Erfassung aller auf einem Schlag durchgeführten Maßnahmen lassen sich deutlich die Zeiträume abgrenzen, die durch fehlende Bodenbedeckung gekennzeichnet sind. Im Modell REPRO wird der Erosionsschutz durch Bodenbedeckung in Abhängigkeit von der Niederschlagsverteilung über den zeitlichen Verlauf des G-Faktors abgebildet. (Abb. 4). In tabellarischer Form lassen sich Standortfaktoren (Erosionsgefährdungsklasse, mittlere Hangneigung,

Hanglänge, Anteil der geneigten Fläche am Gesamtschlag) im Zusammenhang mit den Produktionsverfahren (Anteil pflugloser Bodenbearbeitung, Anteil Mulchsaaten, Zwischenfruchtanbau, Brachezeiten) darstellen.

Schutz des Bodens vor Schadverdichtungen

Ähnlich wie bei der Erosion wird auch bei der Beurteilung des Bodenschutzes vor Schadverdichtungen von einer substratspezifischen Verdichtungsgefährdung ausgegangen. In Auswertung der Produktionsverfahren werden Parameter wie Anbau mehrjähriger Kulturarten, Anzahl der durchgeführten Arbeitsgänge, Überrollhäufigkeit, mittlere Pflugtiefe, Brachezeiten, Anteil pflugloser Bearbeitung, Anteil Mulchsaaten und Anteil Direktsaaten dagegengestellt. Um die Bodenbelastung durch das Überrollen des Bodens besser ermitteln zu können, sollen künftig weitere technische Parameter in die Bewertung einbezogen werden.

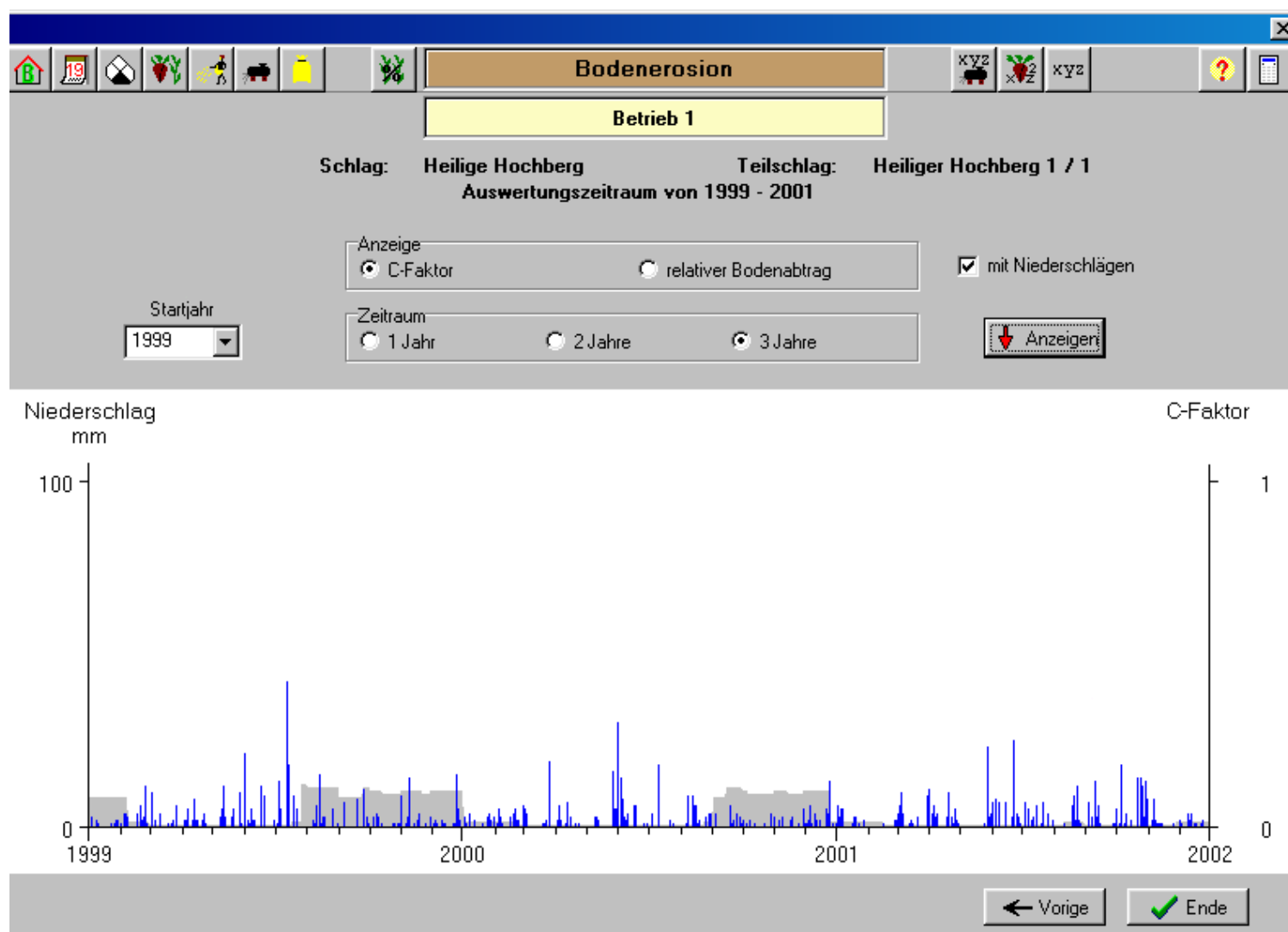


Abb. 4: Abbildung des C-Faktors im Modell REPRO

5. Zusammenfassung

Die Anwendung des Modells REPRO in einem breiten Spektrum an Landwirtschaftsbetrieben zeigt, dass ohne die Einbeziehung von Standortdaten eine ökologische Bewertung der Betriebssysteme nur unzureichend möglich ist. Bereits zur Ableitung von Zielwertbereichen für einzelne Indikatoren sind Standortbedingungen zu berücksichtigen. Grundlage dafür ist jedoch die Verfügbarkeit von Standortdaten. Eine Methode zur Ableitung räumlich differenzierter den Modellanforderungen entsprechender Standortdaten wurde von ALTERMANN et al. (2002) entwickelt. Diese Daten können direkt in das Modell REPRO eingelesen und für schlagspezifische Bewertungen genutzt werden. Die Ergebnisse bilden die Grundlage zur Ableitung von Maßnahmen zum Schutz des Bodens und zur Verringerung von Nährstoffverlusten.

Von administrativer Seite aus sollten Maßnahmen eingeleitet werden, die die Verfügbarkeit und Nutzung von Standortdaten in den Landwirtschaftsbetrieben vereinfachen und fördern.

Literatur

ABRAHAM, J. (2001): Auswirkungen von Standortvariabilitäten auf den Stickstoffhaushalt ackerbaulich genutzter Böden unter Berücksichtigung der Betriebsstruktur, der standortspezifischen Bewirtschaftung und der Witterungsbedingungen. Diss., Verlag Shaker Aachen

ALTERMANN, M., O. ROSCHE, M. STEININGER & M. SCHRÖDTER (2002): Schlagdifferenzierende Standortkennzeichnung und –bewertung als Grundlage für die standortbezogene und umweltschonende Landnutzung

AUERSWALD, K. & P. VON PERGER (1998): Bodenerosion durch Wasser - Ursachen, Schutzmaßnahmen und Prognosen mit PC-ABAG. AID Heft, AID Bonn

DEUMLICH, D. & J. THIERS (1996): Einschätzung der potentiellen Wassererosionsgefährdung für Gemeinden und Regionen der Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und der Freistaaten Thüringen und Sachsen. In: Arch. Acker- Pfl. Boden, 40, S. 335-343

FRIELINGHAUS, M., H. PETTELKAU & K. SEIDEL (2001): Die Grundzüge des Schad-Verdichtungs-Gefährdungs-Konzeptes (SVGK) und ein Anwendungsbeispiel. Informationsheft Schadverdichtung. Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung Müncheberg

HÜLSBERGEN, K.-J., J. ABRAHAM & O. CHRISTEN (2002): Analyse und Bewertung von Stoffflüssen in landwirtschaftlichen Betrieben mit dem Modell REPRO. Vortrag 114. VDLUFA-Kongress in Leipzig

Bewertung der Effekte landwirtschaftlicher Bewirtschaftung auf die Bodenfruchtbarkeit in Ökobilanzen

Oberholzer, Hans-Rudolf (Zürich)¹; Weisskopf, Peter; Gaillard, Gérard

Einleitung

In einer Ökobilanz von Anbausystemen darf die Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit nicht fehlen. Auch nach einer Arbeitsgruppe der SETAC Europa (Udo de Haes und Lindeijer, 2001) ist die Beurteilung von Auswirkungen auf die sogenannten Lebensraumfunktionen Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität und Landschaft in Ökobilanzen notwendig. Während für die anderen Wirkungskategorien Methoden beschrieben und allgemein anerkannt sind, steht eine entsprechende Methode für die Bodenfruchtbarkeit aus. Schwierigkeiten bereiten dabei die Tatsachen, dass einerseits bereits die Beschreibung der Bodenfruchtbarkeit nicht einfach ist, und dass andererseits Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit z. T. sehr komplex und oft nicht quantitativ definierbar sind.

Ziel der hier vorgestellten Methode „Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit in Ökobilanzen“ ist es deshalb, Auswirkungen der Bewirtschaftung auf die Bodenfruchtbarkeit nach einer genau beschriebenen Vorgehensweise nachvollziehbar zu erfassen und zu beurteilen.

Grundlagen der Methode

Der Begriff „Bodenfruchtbarkeit“

Grundlage für die Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit bildet deren Definition in der schweizerischen Gesetzgebung (VBBo 1998): Boden gilt als fruchtbar, wenn er eine für seinen Standort typische artenreiche, biologisch aktive Lebensgemeinschaft und typische Bodenstruktur sowie eine ungestörte Abbaufähigkeit aufweist;

natürliche und vom Menschen beeinflusste Pflanzen und Pflanzengesellschaften ungestört wachsen und sich entwickeln können und ihre charakteristischen Eigenschaften nicht beeinträchtigt werden;

die pflanzlichen Erzeugnisse eine gute Qualität aufweisen und die Gesundheit von Menschen und Tieren nicht gefährden;

Menschen und Tiere, die ihn direkt aufnehmen, nicht gefährdet werden.

Die Definition ist weit gefasst und betrifft deshalb nicht nur bewirtschaftete Böden, sondern auch Böden von natürlichen Biotopen.

Für die Bestimmung oder Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit geht man üblicherweise von den Bodenfunktionen aus, d.h. ein Boden ist dann fruchtbar, wenn er seine Funktionen den Standortverhältnissen entsprechend erfüllt. Bestimmt werden aber nicht Bodenfunktionen, sondern Bodeneigenschaften. Die Kenntnis der Beziehungen zwischen den Funktionen und den Eigenschaften ist deshalb eine Grundlage aller Arbeiten zum Thema Bodenfruchtbarkeit. Für die Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit in der Ökobilanz dient das Bodenkonzept für die Landwirtschaft in der Schweiz (Candinas et al. 2002) als Grundlage. Darin werden zuerst die Funktionen, dann die Eigenschaften von Böden definiert und beschrieben. Anschliessend wird qualitativ und quantitativ bewertet, von welchen Bodeneigenschaften die Bodenfunktionen

¹ Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholzstr. 191, CH-8046 Zürich, e-mail: Hansrudolf.Oberholzer@fal.admin.ch

direkt oder indirekt abhängig sind und wie sich massive Veränderungen einzelner Eigenschaften auf die Funktionen auswirken.

Systemgrenzen

Die Methode wurde entwickelt, um Zustand und Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit innerhalb der räumlichen Grenzen eines Landwirtschaftsbetriebes zu beurteilen. Zwar werden die Erhebungen und Abschätzungen auf Parzellenebene vorgenommen; es gibt aber Komponenten, die nur innerhalb der Betriebseinheit abschätzbar sind und Grundannahmen, die ebenfalls nur in diesem Rahmen gültig sind.

Der zeitliche Rahmen der Beurteilung ist mittelfristig angesetzt, d.h. es sollen Veränderungen erfasst werden können, die im Verlauf von 6-8 Jahre erfolgen. Damit wird einerseits sichergestellt, dass auch Auswirkungen auf sich langsam verändernde Eigenschaften erfasst werden können. Andererseits werden dadurch kurzfristige Änderungen nicht berücksichtigt, die als Bewirtschaftungsfolgen bewusst in Kauf genommen werden müssen, die sich nicht vermeiden lassen, deren Folgen aber durch gezielte Massnahmen oder regenerative Prozesse rasch wieder rückgängig gemacht werden können.

Damit die Erhebungen nicht über einen Zeitraum von 6-8 Jahren erfolgen müssen, wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die Kulturanteile auf der gesamten Betriebsfläche in einem Jahr der Fruchtfolge auf den einzelnen Parzellen entsprechen. Dieselbe Annahme wird für die Bewirtschaftungsmassnahmen getroffen. Damit lässt sich der Anspruch, mittelfristige Auswirkung beurteilen zu können, durch die Erhebung in einem einzigen Jahr erfüllen.

Auswahl und Beschrieb der Indikatoren

Die Bodenfruchtbarkeit kann über die Bestimmung von Bodeneigenschaften erfasst werden. Die Auswahl der dazu notwendigen und relevanten Bodeneigenschaften hängt von der jeweiligen Fragestellung ab. Ausgehend von Fragestellung und Systemgrenzen lassen sich Kriterien für die Auswahl von Bodeneigenschaften formulieren. Bodeneigenschaften, welche alle diese Kriterien erfüllen, können als direkte Indikatoren verwendet werden. Im vorliegenden Fall, der Beurteilung von mittelfristigen Auswirkungen von Bewirtschaftungseinflüssen auf Landwirtschaftsböden, sind folgende Kriterien massgebend:

- **Bezug:** Ein Indikator soll einen direkten Bezug zu einer oder mehreren Funktionen des Bodens haben. Diese Funktionen müssen für die Bodenfruchtbarkeit relevant sein.
- **Beeinflussbarkeit:** Ein Indikator ist zielkonform, wenn er durch eine oder mehrere Bewirtschaftungsmassnahmen mittelfristig beeinflusst wird. Unbeeinflussbare Standorteigenschaften wie z.B. Körnung sind als Indikatoren nicht sinnvoll.
- **Methode:** Der Indikator soll durch eine zuverlässige und anerkannte Methode mess- oder schätzbar sein.
- **Interpretation:** Der Indikator muss in bezug auf die Bodenfruchtbarkeit gemäss Definition in der VBBo 1998 interpretierbar sein.
- **Reversibilität:** Bodeneigenschaften, deren Veränderung kurzfristig, d.h. innerhalb eines Jahres, reversibel sind, eignen sich nicht als Indikatoren (z.B. Nährstoffgehalte).

Die Bodenfruchtbarkeit wird in Ökobilanzen durch den Zustand bzw. die Veränderung dieser Indikatoren beschrieben. Wenn mehrere Indikatoren sehr

ähnliche Bezüge zu Bodenfunktionen aufweisen, wird nur einer dieser Indikatoren verwendet, d.h. wenn ein neuer Indikator verglichen mit einem bestehenden Indikator keine zusätzlichen Beiträge zur Bewertung der Bodenfruchtbarkeit liefern kann, wird er nicht als direkter Indikator in die Liste der Bodenfruchtbarkeitsindikatoren aufgenommen.

Aufgrund dieser Kriterien wurden die im Folgenden aufgeführten Indikatoren ausgewählt:

- *Pflanzennutzbare Gründigkeit:* Für die land- und forstwirtschaftliche Pflanzenproduktion sind Wasser- und Nährstoffspeichervermögen eines Bodens von grösster Bedeutung. Vor allem das Speichervermögen für leicht verfügbares Wasser (bis 1000 hPa Saugspannung) ist eine wichtige Kenngrösse der normal durchlässigen Böden. Ein Mass für das erschliessbare Bodenvolumen ist die pflanzennutzbare Gründigkeit eines Bodens. Die pflanzennutzbare Gründigkeit ist abhängig von der Mächtigkeit, Zusammensetzung und Struktur eines Bodens sowie von dessen Wasserhaushalt. Sie wird durch Erosion und Verdichtung, die beide von der Bewirtschaftung abhängig sind, ungünstig beeinflusst. Der bewirtschaftungsbedingte Beitrag der Erosion zum Verlust an Gründigkeit wird abgeschätzt. Die Verdichtung wirkt sich primär auf das Grobporenvolumen aus und wird deshalb für die Beurteilung des Grobporenvolumens berücksichtigt.
- *Grobporenvolumen:* Die Grobporen sind die Transportbahnen des Bodens für Wasser und Luft. Von der Belüftung eines Bodens hängen Wurzelwachstum und bodenbiologische Aktivitäten ab. Das Grobporenvolumen ist sowohl von der Gefügebildung eines Bodens als auch von seiner Zusammensetzung (Körnung) abhängig. Das Grobporenvolumen wird ungünstig beeinflusst durch Bodenverdichtungen, günstig durch die Bodenbearbeitung, das Wurzelwachstum und die Aktivität von Bodenlebewesen. Während auf Dauergrünland das Risiko von Oberbodenverdichtungen im Vordergrund steht, kann bei ackerbaulicher Bodennutzung auch der Unterboden durch Gefügeschäden in Mitleidenschaft gezogen werden (hohe Lasten bzw. intensive Befahrungen durch landwirtschaftliche Fahrzeuge).
- *Aggregatstabilität:* Es werden grundsätzlich zwei verschiedene Stabilitäten unterschieden: Die Stabilität einzelner Aggregate und die Stabilität des Gesamtgefüges. Letztere kann als Summe der Stabilitäten einzelner Aggregate („Aggregatstabilität“) sowie des Zusammenhaltes zwischen den Aggregaten aufgefasst werden. Die Erhaltung eines gegebenen Gefügezustandes, d.h. der geometrischen Anordnung von Festsubstanz und Hohlräumen, hängt davon ab, ob die stabilisierenden Gegenkräfte, die ein Bodengefüge gegenüber belastenden mechanischen Einwirkungen mobilisieren kann, ausreichend gross sind, um Verdichtungen, Verscherungen oder plastische Verformungen zu verhindern. Günstige Auswirkungen auf die Aggregatstabilität eines Bodens haben sowohl abgestorbene organische Substanzen (Humus, Vegetationsrückstände, organische Dünger) als auch Bodenorganismen und Wurzeln in direkter (Pilzmycele, Haarwurzeln) und indirekter Form (Regenwürmer, Bakterienkolonien). Ebenso können anorganische Substanzen (wie Karbonate), die sich via Düngung ausbringen lassen, zur Stabilisierung beitragen.
- *C_{org}-Gehalt:* Die organische Substanz ist die Lebensgrundlage der heterotrophen Bodenorganismen, so dass bei sonst gleichen Umweltfaktoren eine enge Beziehung zwischen organischem C-Gehalt und biologischer Aktivität besteht. Der Gehalt an organischen Substanzen wirkt sich direkt oder indirekt auf die meisten Bodenfunktionen massgeblich aus. Die organische Substanz wird stetig durch die Bodenorganismen abgebaut. Bodenbearbeitung und Düngung fördern

die Zersetzung der organischen Substanz. Massnahmen zur Erhaltung und Förderung des organischen C-Gehaltes sind die Wahl einer geeigneten Fruchtfolge und Bodenbearbeitung sowie die Verwendung organischer Dünger.

- *Schwermetall-Gehalt:* Schwermetalle wirken toxisch auf Bodenlebewesen und Pflanzen. Inwiefern Schwermetalle von Pflanzenwurzeln und Bodenlebewesen aufgenommen werden, hängt vom pH-Wert, der Kationen-Umtauschkapazität (KUK) und dem organischen C-Gehalt ab. Der Schwermetallgehalt eines Bodens wird in der Methode Bodenfruchtbarkeit aufgrund der drei Leit-Schwermetalle Cadmium, Kupfer und Zink erfasst. Schwermetalle akkumulieren im Boden. Cd und Zn sind für Pflanzen relativ leicht verfügbar. Die Wirkung der Schwermetalle auf Bodenorganismen ist unterschiedlich: Am stärksten sind die mikrobiellen Stoffwechselvorgänge Ammonifikation, Nitrifikation und Luftstickstoffbindung betroffen. Im Rahmen der Methode Bodenfruchtbarkeit interessiert vor allem der mit Düngern und Pflanzenbehandlungsmitteln eingebrachte Anteil an Schwermetallen, also derjenige Anteil, welcher direkt von Bewirtschaftungsmassnahmen beeinflusst wird.
- *Organische Schadstoffe:* Als organische Schadstoffe werden alle Stoffe bezeichnet, die toxisch auf Bodenlebewesen und Pflanzen wirken. Dazu gehören nicht nur Pflanzenbehandlungsmittel (PBM), sondern auch problematische organische Verbindungen in Düngern und oder beispielsweise in Dieselaabgasen. Die Auswirkungen von organischen Schadstoffen auf Bodenlebewesen sind je nach Wirkstoff und Organismenart verschieden. Bodenorganismen kommen mit den Schadstoffen in Kontakt durch belastetes Bodenkapillarwasser oder Aufnahme der Stoffe mit der Nahrung bzw. als flüchtige Substanzen über die Atmungsorgane. Der Eintrag von organischen Schadstoffen erfolgt insbesondere über PBM und andere landwirtschaftliche Hilfsstoffe (vgl. aquatische und terrestrische Ökotoxizität).
- *Regenwurmbiomasse pro Artengruppe:* Regenwürmer ziehen Pflanzenmaterial in ihre Röhren oder bedecken es mit aufgewühltem Bodenmaterial oder Kot, wodurch das Material in Zonen hoher mikrobieller Aktivität gelangt. Sie bauen mechanisch Streu ab, lockern und durchmischen den Boden. Regenwurmkot enthält grosse Mengen an pflanzenverfügbaren Nährstoffen und bildet stabile Aggregate, die nur schwer verschlämmen. Wurmarten, die senkrechte Wohngänge anlegen, fördern zudem die Wasserinfiltration. Regenwürmer werden durch intensive Bodenbearbeitung, Gülleanwendung und z.T. toxisch wirkende Pflanzenbehandlungsmitteln ungünstig beeinflusst. Organische Dünger, Ernterückstände und reduzierte Bodenbearbeitung wirken fördernd auf Regenwurmpopulationen.
- *Mikrobielle Biomasse:* Nach Menge und Umfang ihrer Tätigkeit dominieren innerhalb des Edaphons die Mikroorganismen, von denen den Bakterien die grösste Bedeutung beizumessen ist. Die Bakterien sind durch ihre Vielzahl und verschiedenartigen Spezialisierungen zu umfangreichen Stoffumsetzungen befähigt. Actinomyceten sind Bakterien, die wie Pilze ein Mycel bilden. Sie beteiligen sich an der Zersetzung und Humifizierung organischer Substanzen. Pilze sind in den Böden an der Streuzersetzung beteiligt, leben z.T. aber auch von Protozoen und Nematoden oder in Symbiose mit höheren Pflanzen. In den oberen Zentimetern des Bodens leben Algen. Protozoen ernähren sich von gelösten organischen Stoffen, organischer Substanz oder von Bakterien. Dünger und Ernterückstände wirken sich günstig auf die mikrobielle Biomasse aus, Bodenbearbeitung fördert die mikrobielle Aktivität. Physikalische Bodenschäden wie Erosion oder Verdichtung bedeuten eine Verringerung resp. Beeinträchtigung des Lebensraums (Luftzirkulation, Staunässe, physiologische Gründigkeit).

- *Mikrobielle Aktivität:* Die mikrobielle Aktivität, gemessen beispielsweise als Basalatmung, gibt Information über die „Lebendigkeit“ eines Bodens. Das Ausmass der mikrobiellen Atmung kann in Relation gesetzt werden zu ihrer Vitalität. Art und Menge der zugeführten bzw. anfallenden organischen Substanz sowie die Intensität der Bodenbearbeitung beeinflusst die mikrobielle Aktivität. Physikalische Veränderungen wirken sich über Luft- und Wasserhaushalt auf die Lebensbedingungen aus.

Anwendung der Ökobilanzierungsmethode

Wirkungsabschätzung

Mit Hilfe der ausgewählten Indikatoren ist es möglich, die wichtigsten Auswirkungen der Bewirtschaftung auf den Boden durch Messungen auf den Parzellen eines Betriebes direkt festzustellen. In diesem Fall können die Messergebnisse der einzelnen Indikatoren mit den entsprechenden Sollwerten verglichen werden, d.h. es sind absolute Aussagen zum Zustand des Bodens möglich.

In Ökobilanzen stehen jedoch keine Messwerte zur Verfügung. Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit müssen deshalb aufgrund der Bewirtschaftungsmassnahmen abgeschätzt werden. Mit dieser Abschätzung ergibt sich notwendigerweise eine andere Aussage: Es ist nicht mehr möglich, eine absolute Bewertung des Bodenzustandes vorzunehmen, sondern es kann nur noch abgeschätzt werden, wie sich der Zustand eines direkten Indikators auf Grund der Einwirkung der Bewirtschaftungsmassnahmen voraussichtlich verändern wird.

Für diese Abschätzungen werden die Auswirkungen von einzelnen Massnahmen, einer Kombination oder der Summe von mehreren Massnahmen auf einzelne oder mehrere Indikatoren beschrieben. Für jede dieser Wirkungen ist eine genaue Umschreibung sowohl der Massnahmen, der wirkenden Prozesse wie auch des Ausmasses der Wirkung auf den direkten Indikator - abhängig von massgebenden Bedingungen - notwendig (Abb. 1).

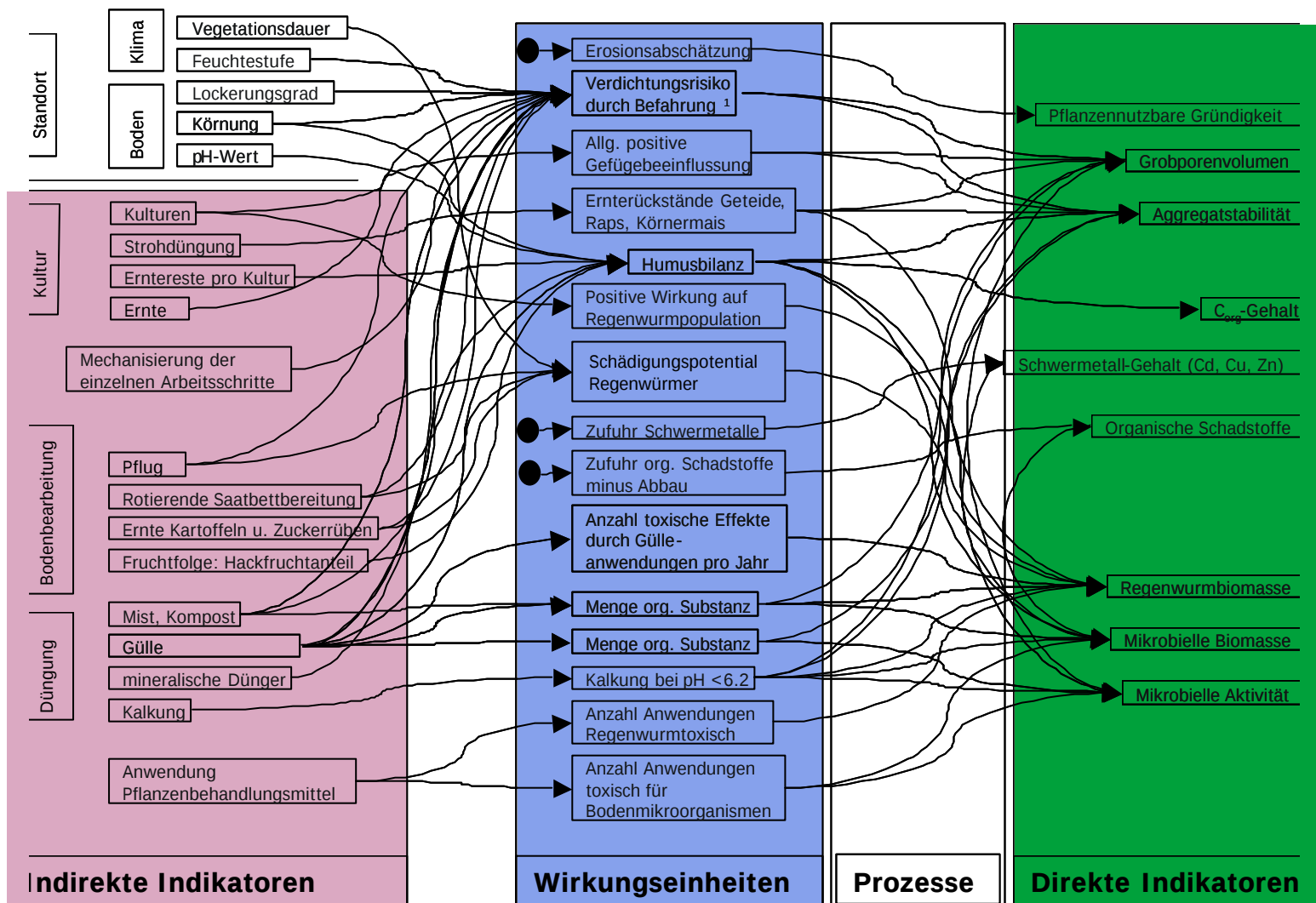


Abbildung 16. Grafische Darstellung der in der Ökobilanz beurteilten Wirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen (indirekte Indikatoren) auf die Bodenfruchtbarkeit

Für die Abschätzung der Auswirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die direkten Indikatoren ist ein streng systematisches Vorgehen sehr wichtig. Ausgangspunkt der Abschätzung bilden die Bewirtschaftungsmaßnahmen. Unter Bewirtschaftungsmaßnahmen werden sämtliche durch den Betriebsleiter veranlassten Einwirkungen auf Parzellenebene verstanden. Diese umfassen nicht nur Bodenbearbeitung, Bestellung, Düngung, Pflanzenschutz- bzw. Pflegemaßnahmen und Ernte, sondern auch die Wahl der Haupt- und Zwischenkultur sowie der Art und Intensität der Grünlandnutzung. Die Bewirtschaftungsmaßnahmen werden als indirekte Indikatoren der Bodenfruchtbarkeit bezeichnet (Abbildung 1, linke Spalte).

Jede Bewirtschaftungsmaßnahme kann eine oder mehrere Wirkungen auf direkte Indikatoren ausüben. So kann Güllendüngung folgende Wirkungen haben: Durch eine evtl. notwendige Befahrung kann ein Verdichtungsrisiko entstehen, die organische Substanz in der Gülle wirkt sich auf die Humusbilanz aus, je nach Zeitpunkt der Ausbringung der Gülle können Regenwürmer geschädigt werden, und schliesslich

kann die organische Substanz, bevor sie in den Humuspool eingebaut ist, positive Wirkungen beispielsweise auf die Struktureigenschaften eines Bodens ausüben.

Gleichgerichtete Wirkungen verschiedener Bewirtschaftungsmassnahmen werden als Wirkungseinheit (Abbildung 1, mittlere Spalte) bezeichnet. Auswirkungen von Bewirtschaftungsmassnahmen (indirekten Indikatoren) auf direkte Indikatoren können quantitativ, kategorial oder mittels einer Kombination davon beschrieben werden. Drei Beispiele sollen das illustrieren:

- **Quantitativ:** Auswirkungen auf den Schwermetallgehalt eines Bodens können direkt aus den Einträgen berechnet werden.
- **Kategorial:** Die Regenwurm-Biomasse kann durch Bodenbearbeitung dezimiert werden. Das Ausmass ist vor allem vom Aktivitätszustand der Population zum Zeitpunkt der Bodenbearbeitung abhängig. Die Bodenbearbeitungsmassnahmen werden deshalb in Abhängigkeit von Jahreszeit und Klimaregion des Betriebes in Bezug auf das Schädigungspotential für die Regenwürmer gewichtet. Aufgrund aller Bodenbearbeitungen kann damit das durchschnittliche Schädigungspotential eines Betriebes berechnet werden. Unter der Annahme, dass die Regenwurmpopulation in einem Acker an gelegentliche, aber nicht zu häufige schädigende Bearbeitungen adaptiert ist, wurde ein Schwellenwert festgelegt, bei dem eine mittelfristige Schädigung der Population wahrscheinlich ist. Es kann kein stetiger quantitativer Zusammenhang zwischen Schädigungspotential und Regenwurmbiomasse postuliert werden.
- **Kombination quantitativ und kategorial:** Die Beeinträchtigung des Grobporenvolumens als Folge von Befahrungen wird mit Hilfe eine Kombination von quantitativen und qualitativen Komponenten abgeschätzt. Aus Gewicht, Bereifung und Arbeitsbreite kann der zu erwartende Bodendruck sowie der Anteil der befahrenen Fläche berechnet werden. Aufgrund von Angaben zum Zeitpunkt der Befahrung, zur Klimazone des Betriebes, zu Bodeneigenschaften und Fruchtfolge-Situation kann der zu erwartende Bodenzustand (locker, abgesetzt, bewachsen) sowie der voraussichtliche Feuchtigkeitszustand geschätzt werden. Aus Bodendruck, Anteil befahrener Fläche und Bodenzustand lässt sich schliesslich das Verdichtungsrisiko abschätzen.

Die Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit beruht auf Änderungen der direkten Indikatoren. Standorteigenschaften werden berücksichtigt, wenn sie die Wirkungsintensität einer Bewirtschaftungsmassnahme erheblich beeinflussen (verstärken oder abschwächen), oder die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Wirkung beeinflussen (z.B. Witterungsverhältnisse, Bodentyp oder Neigung der Parzelle).

Eine Wirkungseinheit kann sich auf verschiedene direkte Indikatoren auswirken. Die Beeinflussung eines einzelnen direkten Indikators wird bestimmt durch die gemeinsame Wirkung aller Wirkungseinheiten; deshalb müssen die Teilwirkungen der einzelnen Wirkungseinheiten jeweils so gewichtet werden, dass ihr Einfluss adäquat beurteilt wird. Wesentlich für die Transparenz und Nachvollziehbarkeit dieser Wirkungskette ist, dass bei der Beschreibung und Abschätzung der einzelnen Wirkungen jeweils auch der entsprechende Wirkungsprozess beschrieben wird (Abbildung 1, rechte Spalte).

Da sich physikalische und chemische direkte Indikatoren unmittelbar auf die Bodenlebewesen auswirken, wird ein Teil der Beeinflussung der biologischen Indikatoren indirekt hergeleitet.

Die Beurteilungen der einzelnen Indikatoren ist nachfolgend beschrieben:

- *Pflanzennutzbare Gründigkeit:* Das Erosionsrisiko wird mittels einer quantitativen Methode geschätzt, eine negative Auswirkung auf die

pflanzennutzbare Gründigkeit wird angenommen, wenn das Risiko einer Überschreitung des Bodenabtrags-Grenzwertes besteht.

- *Grobporenvolumen*: Negative Wirkungen der Befahrung als Verdichtungsrisiko, Berechnung des spezifischen Bodendrucks, Abschätzung aufgrund von Standorteigenschaften. Zusätzlich negative Auswirkungen durch intensive Beweidung. Als positive gefügestabilisierende Wirkungen werden bewertet: Kulturen der Fruchtfolge, Anfall von Ernteresten, organische Dünger mit Einstreu und Kalkung bei sauren Böden.
- *Aggregatstabilität*: Negative Wirkungen sind intensive Bodenbearbeitung und Beweidung. Als positive gefügestabilisierende Wirkungen werden bewertet: Kulturen der Fruchtfolge, Anfall von Ernteresten, organische Dünger mit Einstreu und Kalkung bei sauren Böden.
- *C_{org}-Gehalt*: Die Änderung wird mittels Humusbilanz nach Neyroud (Neyroud, 1997) berechnet. Dabei werden Bodeneigenschaften, Intensität der Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und organische Düngung berücksichtigt.
- *Schwermetallgehalt*: Die für die terrestrische Ökotoxizität berechnete Schwermetallbilanz wird hier verwendet.
- *organischen Schadstoffe*: Der Eintrag mit Düngern und Pflanzenbehandlungsmitteln wird aus der Stoffbilanz abgeschätzt.
- *Regenwurmbiomasse*: Negative Wirkungen können erfolgen durch intensive einzelne Bodenbearbeitungen, zu häufige Gülleanwendungen im Frühjahr und im Herbst sowie toxische Pflanzenbehandlungsmittel, positive Wirkung ergeben sich aus der Auswahl der Kulturen der Fruchtfolge, der Zufuhr von organischen Düngern sowie der Kalkung von sauren Böden.
- *mikrobielle Biomasse*: Negative Wirkungen sind toxisch wirkende PBM bei zu häufiger Anwendung, negative Veränderung der physikalischen Indikatoren und des C_{org}-Gehaltes, positive Auswirkungen ergeben sich aus der Zufuhr von organischen Düngern und der Kalkung saurer Böden.
- *Aktivität der Mikroorganismen*: Negative Wirkungen können durch toxisch wirkende PBM bei zu häufiger Anwendung, negative Veränderungen der physikalischen Indikatoren und des C_{org}-Gehaltes verursacht werden, positive Wirkungen durch leicht abbaubare organische Substanz aus Gülle und Klärschlamm sowie die Kalkung saurer Böden.

Beurteilung

Schliesslich wird auf der Stufe der einzelnen Indikatoren jeweils die Summe aller positiven und negativen Auswirkungen berechnet und anhand eines Beurteilungsschemas bewertet. Die Bewertung umfasst die Kategorien stark ungünstige, ungünstige, keine, günstige und stark günstige Beeinflussung der einzelnen direkten Indikatoren (Abb. 2).

Direkte Indikatoren	Bewertung				
	--	-	0	+	++
Pflanzennutzbare Gründigkeit					
Grobporenvolumen					
Aggregatstabilität					
C _{org} -Gehalt					
Schwermetall-Gehalt (Cd, Cu, Zn)					
Organische Schadstoffe					
Regenwurmbiomasse					
Mikrobielle Biomasse					
Mikrobielle Aktivität					

Abbildung 17. Beispiel einer Bewertung einer Ökobilanz eines Betriebes

Die Ergebnisse der einzelnen Indikatoren werden nicht weiter aggregiert, weil dadurch wesentliche Informationen aus der Bewertung der einzelnen Indikatoren verloren gingen. Zudem ist eine Gesamt-Interpretation bzw. -Bewertung wenig sinnvoll, da die Einflüsse auf einzelne Indikatoren nicht direkt vergleichbar und deshalb nicht miteinander verrechenbar sind. Beispielsweise kann ein ungünstiger Einfluss auf den Schadstoffgehalt nicht durch positive Wirkungen auf das Bodengefüge kompensiert werden.

Weil die Bodenfruchtbarkeit nicht einfach die Summe aller Einzelkomponenten (=direkte Indikatoren) darstellt, sondern durch jeden einzelnen direkten Indikator limitiert werden kann, wird eine Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit angenommen, sobald ein einzelner Indikator beeinträchtigt ist.

Ein wichtiges Ziel der Methode besteht darin, festzustellen, ob die Bewirtschaftung eines Betriebes ungünstige Einflüsse auf die Fruchtbarkeit seiner Böden haben könnte. Zusätzlich soll die Methode im Falle von Problemen auch Möglichkeiten bieten, aus der Bewertung Ansatzpunkte für Verbesserungen der Bewirtschaftungsweise abzuleiten.

Schlussbetrachtungen

Die Methode beruht auf Expertenwissen und Auswertungen der bodenkundlich-agronomischen Literatur. Dies betrifft sowohl die Auswahl der relevanten Bewirtschaftungsmassnahmen, die Beschreibung und Gewichtung der Wirkungseinheiten wie auch den Beurteilungsmassstab. Damit lässt sich nicht vermeiden, dass die Methode bis zu einem gewissen Grad subjektiv und von den Erfahrungen der beteiligten Fachleute geprägt ist. Durch die Berücksichtigung der Grundsätze von ISO14042 und die detaillierte Beschreibung der Methode wird möglichst weitgehende Objektivität angestrebt. Diese weitgehend transparente und nachvollziehbare Dokumentation soll sicherstellen, dass die Methode jederzeit angepasst und weiter entwickelt werden kann. Dies bedeutet, dass je nach Bedarf einzelne Teile, ganze Bereiche oder die gesamte Methode überarbeitet werden können, so dass sie

- aufgrund neuer Erkenntnisse aktualisiert,
- mit Hilfe vertiefter Literaturlauswertungen weiter detailliert

- für andere Fragestellungen modifiziert, oder
- an andere Standort- bzw. Bewirtschaftungs-Bedingungen angepasst werden kann.

Wir hoffen mit dieser Methode eine entwicklungsfähige Grundstruktur für die Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit in Ökobilanzen geschaffen zu haben.

Literaturverzeichnis

Candinas T., Neyroud J.-A., Oberholzer H.-R. und Weisskopf P., 2002. Ein Bodenkonzzept für die Landwirtschaft in der Schweiz: Grundlagen für die Beurteilung der nachhaltigen landwirtschaftlichen Bodennutzung. Bodenschutz **3** 02, 90 – 98.

Neyroud J.-A., 1997. La part du sol dans la production intégrée 1. Gestion de la matière organique et bilan humique. Revue suisse d'agriculture Vol. 29(1), 45-51.

Udo de Haes H.A. and Lindeijer E., 2001. How to include the life support system in the Areas of Protection for LCIA. Abstracts of 11th Annual Meeting of SETAC Europe, 6-10 May 2001, Madrid, Spain.

VBBö, 1998. Verordnung über Belastungen des Bodens vom 1. Juli 1998. Systematische Sammlung des Bundesrechts der Schweiz SR 814.12.

Dank:

Die Methode wurde mit einer Arbeitsgruppe bestehend aus folgenden Mitgliedern entwickelt: Etienne Diserens, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon (FAT); Andreas Fliessbach, Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick (FiBL); Christian Gysi, Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil (FAW); Jean-Auguste Neyroud, Station fédérale de recherches en production végétale, Changins (RAC); Ulrich Walther FAL Zürich-Reckenholz. Den Mitgliedern danken wir herzlich für die vielen interessanten Diskussionen.

Ansätze für ein landwirtschaftlich orientiertes Umweltmanagementsystem nach EMAS unter Nutzung des Modells REPRO.

Schrödter, Matthias (Bernburg)¹; Haacker, Wolfgang; Holz, Falko

Die stärkere Berücksichtigung von Umweltbelangen in der landwirtschaftlichen Produktion ist erklärtes Ziel der Agrarpolitik. Es ist zu erwarten, daß der Nachweis der Einhaltung von Umweltstandards zukünftig in die Agrarförderung integriert wird. Fragen des Umwelt- und Ressourcenschutzes werden zunehmend in betriebliche Strategien und das Management Eingang finden müssen. Umweltmanagementsysteme sind dafür ein geeignetes Hilfsmittel.

Sie haben jedoch in Sachsen-Anhalt bisher kaum Verbreitung in Pflanzenbaubetrieben gefunden. Ursache sind vor allem die ungenügende Anpassung solcher Systeme an landwirtschaftliche Belange und betriebliche Informationsflüsse sowie die für den Einzelbetrieb im Vergleich zum Nutzen zu hohen Kosten und personellen Aufwendungen.

Neben den sich daraus ergebenden Erfordernissen sind weitere Anforderungen an ein Umweltmanagementsystem zu formulieren:

- Es sollte offen für zukünftige Entwicklungen sein. Notwendige Anpassungen dürfen ein in Anwendung befindliches System nicht in Frage stellen und nicht zu inflationären Folgekosten führen.
- Die Methodik der Bewertung muss die aus der Tätigkeit des Landwirtschaftsbetriebes resultierenden relevanten Umweltwirkungen möglichst umfassend abbilden können, um auch die für den jeweiligen Betrieb wesentlichen Umweltaspekte aufdecken zu können.
- Der Schwerpunkt ist im internen Umweltmanagement und in einer fundierten Bewertung der Umweltleistung zu sehen, jedoch nicht in der vordergründigen Einhaltung von Formalien.
- Das Umweltmanagementsystem muß die notwendigen Umweltindikatoren liefern können, welche den Anforderungen an Prüfkriterien für die Umsetzung von agrarpolitischen Maßnahmen entsprechen. Solche Prüfkriterien sollten
 - möglichst einfach kontrollier- und dokumentierbar sein;
 - ohne methodischen und labortechnischen Aufwand prüfbar sein;
 - eine einheitliche Anwendbarkeit in allem zu prüfenden Betrieben gewährleisten;
 - vor Gericht nachprüfbar und beweisfest sein.

Ein praktikabler, aber auch anspruchsvoller Lösungsansatz ist für Sachsen-Anhalt in einem Umweltmanagementsystem nach EMAS II auf der BASIS des Modells REPRO zu sehen. Abbildung 1 verdeutlicht die mögliche Einbindung des Modells in

¹ eMail: Matthias.Schroedter@llg.mrlu.lsa-net.de

das EMAS-Verfahren. Dies wird derzeit in einem Pilotvorhaben erprobt und hinsichtlich der Praktikabilität optimiert.

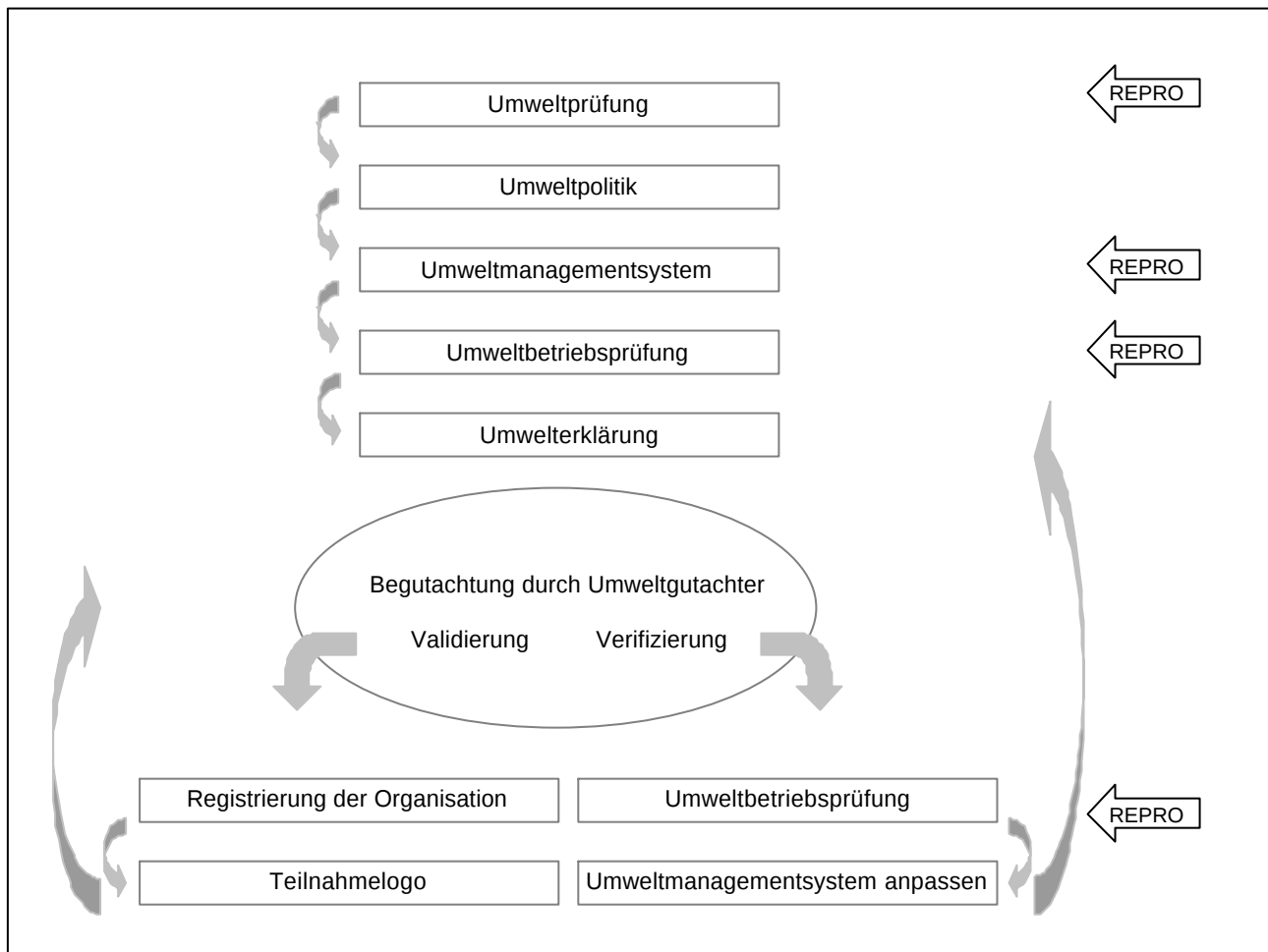


Abb. 1: Möglichkeiten der Integration des Modells REPRO in das Agrar-Öko-Audit-Verfahren nach EMAS II

REPRO erfüllt insbesondere die Erwartungen an ein fachlich fundiertes und landwirtschaftlich orientiertes Bewertungssystem. Ausgehend von einer detaillierten Dokumentation der natürlichen Produktionsvoraussetzungen sowie der Produktionsverfahren einschließlich der damit verbundenen Maßnahmen, Ressourceneinsatz und Stoffströme dient das datenbankgestützte Modell der Analyse und komplexen Bewertung der Umweltwirkung von landwirtschaftlichen Betriebssystemen.

Es handelt sich hier im Sinne der EMAS-Verordnung vorrangig um die Bewertung der direkten Umweltaspekte. Somit werden im Rahmen des Umweltmanagementsystems etablierte und übertragbare Verfahren zur Bewertung indirekter Umweltaspekte, der Betriebssicherheit u.s.w. ergänzt und ein immer wieder benanntes Defizit beseitigt.

Die Datengrundlage liefert die Ackerschlagkartei des Betriebes. Um den Aufwand für die Datenübernahme gering zu halten, wurde die Möglichkeit des Datenimports geschaffen.

Die Bewertung kann bis zu 200 Indikatoren für die Umweltprüfung liefern. Die Ergebnisse liegen schlagbezogen vor und können für die Ableitung der betrieblichen Umweltziele herangezogen werden.

Für die Berücksichtigung der in Sachsen-Anhalt aus agrarumweltpolitischer Sicht wesentlichen Umweltaspekte wird durch eine Arbeitsgruppe am Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt eine Empfehlung erarbeitet. Dieser Arbeitsgruppe gehören mit dem Ziel der Konsensfindung auch Vertreter aus dem Umweltbereich und der landwirtschaftlichen Praxis an. Derzeit sind die Agrarumweltindikatoren N-Saldo, Humusbilanz, Energieeffizienz, Tierbesatz, Fruchtartenvielfalt und PSM-Behandlungsindex in der Diskussion. Damit soll der bisherigen Unverbindlichkeit in der Bewertung der Umweltwirkungen begegnet werden.

Die betrieblichen Auswirkungen der für die Erreichung der Umweltziele erforderlichen acker- und pflanzenbaulichen Anpassungen lassen sich mit REPRO in Form von Szenarien modellhaft abschätzen. Damit kann der Betriebsleiter wirksam die Umweltbelange in die Entscheidungsfindung einbeziehen und spielt damit die gewünschte aktive Rolle. Die Dokumentation und Bewertung in REPRO stellt die Basis für das interne Umweltmanagement dar.

Im Rahmen der Umweltbetriebsprüfung wird dem Prüfer die Bewertung in Form eines Ergebnisberichtes bereitgestellt. Die schlagbezogenen Indikatoren werden zu Betriebskenngrößen zusammengefaßt. Temporale Vergleiche sind möglich. Es ist keinerlei methodischer oder labortechnischer Aufwand bei der Prüfung der Kriterien nötig. Aufgrund der schlagspezifischen Dokumentation und Nachweisführung ist eine Nachprüfbarkeit der Kriterien und eine Plausibilitätskontrolle im Betrieb gewährleistet. Damit kann auch den o.g. Prüfkriterien für die Umsetzung von agrarpolitischen Maßnahmen und den Anforderungen einer „gläsernen Produktion“ entsprochen werden.

Letztendlich stellt sich noch die Frage der Kosten, des Aufwandes und der Verbreitung eines solchen vergleichsweise anspruchsvollen Ansatzes.

Anteilmäßig hohe Kosten und Aufwand verursachen die Schaffung der Datengrundlagen und der Aufbau des internen Umweltmanagementsystems an. Dabei sind in aller Regel Beratungsleistungen in Anspruch zu nehmen, vor allem wenn die Ableitung spezieller Indikatoren die Einbeziehung von normalerweise im Betrieb nicht vorgehaltener Daten erforderlich machen sollte. Diese Kosten fallen jedoch nur einmalig an, dürften im Rahmen der derzeit diskutierten Fördermöglichkeiten liegen und sind durch das zu erzielende Ergebnis gerechtfertigt. Die Folgekosten für das Audit werden durch den Umweltgutachter und durch die Inanspruchnahme externer Prüfer bei der Umweltbetriebsprüfung bestimmt.

Der Arbeitsaufwand hält sich in den Folgejahren in Grenzen und resultiert aus der Einarbeitung der aktuellen Daten. Auch hier kann über Schnittstellen auf die Ackerschlagdatei zugegriffen werden.

Die Begleitung und Verbreitung stützt sich auf eine Arbeitsteilung zwischen dem Institut für Acker- und Pflanzenbau der Universität Halle-Wittenberg (wissenschaftlicher Vorlauf), dem Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt/Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau des Landes Sachsen-Anhalt (Berücksichtigung der agrarpolitischen Rahmenbedingungen und hoheitlichen

Belange Sachsen-Anhalts) und den Beratungsdiensten (Verbreitung und Beratung für die Landwirtschaft). Erfahrungen in Bezug auf Praxisresonanz und -relevanz erbringen Demonstrationsvorhaben.

Fazit

Dem Landwirtschaftsbetrieb steht mit REPRO neben einem Leitungs- und Planungsinstrument zusätzlich ein Instrument zur effektiven Selbstkontrolle und zur Darstellung der aus der Bewirtschaftung resultierenden Umweltwirkungen zur Verfügung.

Ein weiterer Nutzen könnte zukünftig aus Erleichterungen beim Vollzug umweltrechtlicher Vorschriften oder beim Nachweis der guten fachlichen Praxis im Rahmen der Agrarförderung bei nach EMAS zertifizierten Betrieben resultieren. Damit wäre auch eine Entlastung der Kontrollbehörden möglich.

Das Aufwand-Nutzen-Verhältnis wird als vergleichsweise hoch eingeschätzt.

Aufgrund der detaillierten Datenhaltung und des modulhaften Aufbaus ist das Modell offen für wissenschaftliche Entwicklungen und zukünftige Anforderungen, die sich z.B. aus präzisierten Vorgaben der EU für ein obligatorisches betriebsbezogenes Audit als Teil der Cross-compliance-Bestimmungen ergeben könnten. Gleichzeitig sind die Voraussetzungen für die Entwicklung eines kombinierten Qualitäts- und Umweltmanagementsystems gegeben.

Das sächsische Agrarumweltprogramm "Umweltgerechte Landwirtschaft" (UL)

Prüfung der Auswirkungen verschiedener Bewirtschaftungsintensitäten auf Ertrag, Produktqualität und Umwelt im Rahmen einer 6-feldrigen Fruchtfolge (1994 - 2001)

Werner Reinhardt¹

1. Einleitung und Zielstellung

Im Freistaat Sachsen ist 1993 ein Programm zur Förderung einer „Umweltgerechten Landwirtschaft“ (UL) auf der Basis der Rechtsgrundlage der EG-VO2078/92 erarbeitet worden. Es enthält landes- sowie regionalspezifische Fördermaßnahmen für umweltgerechte, den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren. Das Agrarumweltprogramm (UL) wird durch die sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft wissenschaftlich begleitet und es bietet mehrstufige Nutzungsformen (Bewirtschaftungsintensitäten).

1.1 Grundförderung (GF)

Sie hat zum Ziel, auf einem größeren Flächenanteil des Freistaates umweltgerechte Verfahren der Pflanzenproduktion im Sinne von Nachhaltigkeit durchzusetzen. Das betrifft vor allem die umweltgerechte Steuerung des Stickstoff- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes.
(Förderbeitrag 40 Euro/ha)

1.2 Grundförderung plus Zusatzförderung (GF + Z I)

Diese Förderstufe hat weitergehende umweltentlastende Maßnahmen zum Inhalt. Dazu zählen u. a.:

- Reduzierung der N-Düngung bei jeder N-Gabe um 20 % gegenüber der Grundförderung
- Verzicht auf die Anwendung von Wachstumsregulatoren. Verzicht auf die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln mit Wasserschutzauflage

(Förderbeitrag: 100 Euro/ha)

Ziel ist es, die Wirksamkeit der einzelnen Förderstufen auf Marktleistung und Qualität der Ernteprodukte sowie die Umweltentlastung zu prüfen.

Versuchsmethodisch wurde so vorgegangen, dass auf einem Praxisschlag die Fruchtfolgeglieder mit den entsprechenden Bewirtschaftungsintensitäten nebeneinander zur Anlage kamen.

¹ Dr. Werner Reinhardt
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau
Gustav-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig
e-mail: werner.reinhardt@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

Die Untersuchungen fanden im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch, einem Praxisbetrieb, statt. Die Bodenart ist aluvialer Auelehmboden, teilweise mit Sandrücken durchzogen. Hauptbodenart ist Lehm. Durchschnittliche Ackerzahl 59. Durchschnittstemperatur 8,9 °C. Der langjährige Jahresniederschlag beträgt 548 mm.

Eine achtjährige Untersuchung führte u. a. zu nachfolgenden Ergebnissen.

2. Ergebnisse

2.1 Einfluss verschiedener Bewirtschaftungsintensitäten auf den Ertrag der untersuchten Fruchtarten (dt GE/ha)

- Hinsichtlich der Ertragsbeeinflussung ist festzustellen, dass bei allen geprüften Fruchtarten im Durchschnitt von 8 Jahren durch die Maßnahmen der Zusatzförderung I Ertragsminderungen eingetreten sind.
- Bei insgesamt recht guten Ertragsniveau sind die Ertragsrückgänge mit 13 % bei Winterweizen, 11,3 % bei Wintergerste und 13,5 % bei Erbsen besonders deutlich ausgefallen.

Fruchtart	Grundförderung *	Zusatzförderung I **	Differenz dt GE/ha
Winterweizen	77,4	67,5	- 9,9
Wintergerste	68,9	61,1	- 7,8
Erbsen	45,3	39,2	- 6,1
Silomais	78,8	74,2	- 4,5
Zuckerrüben	131,8	127,8	- 4,0
einjährige Brache	-	-	-

GE-Schlüssel: Getreide = 1,00; Erbsen = 1,20; Silomais = 0,18; Zuckerrüben = 0,25

2.2 Auswirkungen differenzierter Bewirtschaftungsintensitäten auf die Produktqualität von Winterweizen

- Zwischen den Bewirtschaftungsintensitäten ergeben sich keine deutlichen Unterschiede in der Produktqualität.
- Im Rohproteingehalt und im Sedimentationswert schneidet die Variante mit der Zusatzförderung I allerdings mit 3,3 % bzw. 5,4 % ungünstiger ab im Vergleich zur Grundförderung.

	Grundförderung (= 100 %)	Zusatzförderung I	Differenz (%)
TKG [g]	43,72	44,00	+ 1,0
RP [%]	14,64	14,15	- 3,3
Fallzahl	399	391	- 2,0
Sedimentationswert	59,6	56,4	- 5,4

2.3 Einfluss verschiedener Bewirtschaftungsintensitäten auf den $N_{\min}$ -Gehalt

- Die gemessenen $N_{\min}$ -Werte im Frühjahr und insbesondere nach der Ernte, liegen auf niedrigem Niveau, was auf eine umweltverträgliche N-Düngung hinweist.

$N_{\min}$ -Untersuchung [kg/ha] im Frühjahr in 0 - 60 cm = 47

$N_{\min}$ -Untersuchung [kg/ha]	GF	GF + Z I	
nach der Ernte in 0 - 60 cm	52	40	= 77 %

2.4 Reaktion verschiedener Bewirtschaftungsintensitäten auf den Deckungsbeitrag bei Winterweizen

- Die hohen Ertragsverluste in der Variante „Zusatzförderung I“ infolge vermindertem N-Einsatzes von 20 % und das Unterbleiben eines Wachstumsregulators und des damit verbundenen erhöhten Lagers, rechtfertigen die im Programm UL festgelegten Ausgleichszahlungen.
- Den Landwirtschaftsbetrieben, die freiwillig das Agrarumweltprogramm UL nach der Zusatzförderung I nutzen, entsteht nach den vorliegenden Befunden ein finanzielles Risiko, da die gewährten Zuschüsse geringer sind, als die aufgetretenen Ertragsausfälle.

		Grundförderung	Zusatzförderung I
Ertrag	[dt/ha]	77,40	67,50 = 87 %
Preis	[Euro/dt]	13,75	13,75
Summe Erlös	[Euro/ha]	1064,25	928,13
Summe Kosten	[Euro/ha]	724,57	676,02
Kosten	[Euro/dt]	9,36	10,02
Deckungsbeitrag	[Euro/ha]	339,68	252,11
Förderbetrag	[Euro/ha]	40,00	100,00
Summe	[Euro/ha]	379,68	352,11
Differenz: - 27,57 Euro/ha			

* Grundförderung = N-Düngung bedarfsgerecht nach BEFU; Pflanzenschutz nach Schadschwellenprinzip

** Zusatzförderung I = N-Düngung nach BEFU minus 20 %; kein Wachstumsregulatoreinsatz; nur Pflanzenschutzmitteleinsatz ohne W-Auflage!

Fazit:

Eine achtjährige Auswertung der Ergebnisse zu den Auswirkungen differenzierter Bewirtschaftungsintensitäten in der Fruchtfolge zeigt, dass die Zielstellungen des Agrarumweltprogramm UL erreichbar sind.

Bei der Überschussproduktion kann eine wirksame Marktentlastung nachgewiesen werden. Der Pflanzenschutzmitteleinsatz reduziert sich. Es werden gute Erträge mit hohen Qualitätseigenschaften erreicht, die den Landwirten ein angemessenes Einkommen sichern helfen.

Durch die Fördermaßnahmen wird eine deutliche Umweltentlastung bei gleichzeitiger finanzieller Kompensation der zusätzlichen Leistungen bzw. Ertragseinbußen durch die gewährte Förderprämie erreicht.

Ein Vergleich konventioneller, integrierter und biologischer Bewirtschaftung getrennt nach Acker- und Grünlandnutzung aus vegetationskundlicher Sicht

Wehke, Sven (Trier); Frankenberg, Thomas; Zoldan, Jörg-Werner; Ruthsatz, Barbara

1. Einleitung und Zielsetzung

Die Vegetation ist in besonderer Weise geeignet die Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung anzuzeigen. Eine einzelflächenbezogene, nach Landwirtschaftsbetrieben sowie jeweils nach Acker- und Grünland differenzierte Zusammenstellung vegetationskundlich abgeleiteter Intensitätsstufen ermöglicht detaillierte inner- und zwischenbetriebliche Vergleiche. Dies wird hier am Beispiel von zwei konventionell, einem integriert und zwei biologisch wirtschaftenden Betrieben dargestellt.

2. Vegetationskundlich abgeleitete Intensitätsstufen der Acker- und Grünlandnutzung

Anhand der floristischen Zusammensetzung von Ackerwildkraut- und Grünlandbeständen kann eine Differenzierung verschiedener Bewirtschaftungsintensitäten vorgenommen werden. Das Ergebnis sind vegetationskundlich abgeleitete Stufen der Bewirtschaftungsintensität – VABI. Die sich bezogen auf unsere im westlichen Hunsrück durchgeführten Erhebungen ergebende Differenzierung in Intensitätsstufen zeigt für die Äcker Tabelle 1 und für das Grünland die Tabelle 2. Auf den Äckern können 6 Intensitätsstufen unterschieden werden. Im Grünland ergibt sich eine Zweiteilung in nicht angesätes Dauergrünland (5 Hauptstufen: X bis B2) und Ansaatgrünland (2 Hauptstufen: C1 und C2). Insbesondere die Stufen 1 bis 3 der Äcker sowie die Stufen X, A1 und A2 im Grünland wurden und werden überwiegend extensiv bis mäßig extensiv bewirtschaftet und verfügen über ein - aus Sicht des biotischen Ressourcenschutzes wertvolles - Inventar an jeweils typischen Pflanzenarten. Die den höheren Intensitätsstufen zuzuordnenden Flächen sind als Folge intensiver Nutzung floristisch verarmt.

3. Ein Vergleich der Wirtschaftsweisen getrennt nach Acker- und Grünlandnutzung (Abb.1)

Die ökologisch bewirtschafteten Ackerschläge der Betriebe Bio 1 und Bio 2 fallen in die floristisch wertvolleren Intensitätsstufen 1-3, während die integriert (Betrieb integ 1) und konventionell (Betrieb konv 2) bewirtschafteten Flächen mehrheitlich in den an typischen Ackerwildkrautarten verarmten Intensitätsstufen 4 - 6 vertreten sind. Die Äcker des Betriebes konv 1 sind sämtlich den beiden höchsten Intensitätsstufen 5 und 6 zuzuordnen. Sie liegen in einer durchweg konventionell bewirtschafteten Gemarkung und sind - wie ein Großteil der dortigen Äcker - durch eine starke Artenverarmung gekennzeichnet. Die Wirtschaftsweise dieses Betriebes zeichnet sich aus durch eine enge Fruchtfolge mit einem Wechsel von Winterroggen und Hafer. Die in einer ca. 20 km entfernten Gemarkung gelegenen Flächen der Betriebe integ 1 und konv 2 tragen dagegen eine weitere Fruchtfolge mit insgesamt 7 verschiedenen Kulturarten. Der Vergleich der Feldfrüchte lässt noch keine eindeutigen Tendenzen erkennen, doch fällt auf, dass das Spektrum der Betriebe integ 1 und konv 2 insbesondere durch einige mit Sommerfrüchten bestandene Äcker im Vergleich zum Betrieb konv 1 deutlich breiter gefächert ist. Der Winterweizen wurde bei den Betrieben Bio 2, integ 1 und konv 1 als die im Mittel am intensivsten bewirtschaftete Feldfrucht eingestuft.

Tab. 1 Vegetationskundlich abgeleitete Intensitätsstufen: Äcker

1	2	3	4	5	6
<i>Papaver argemone</i> <i>Veronica triphyllos</i> <u><i>Legousia speculum-veneris</i></u> <i>Anchusa arvensis</i> <i>Stachys arvensis</i> <i>Valerianella dentata</i> <i>Kickxia elatine</i> u.a.	unterstrichen kursiv = Schwerpunkt in Wintergetreideäckern/ nur unterstrichen = Schwerpunkt in Sommergetreide- und Hackfruchtäckern				
<i>Valerianella locusta</i> , <i>Arabidopsis thaliana</i> , <u><i>Bromus secalinus</i></u> , <u><i>Raphanus raphanistrum</i></u> , <i>Chrysanthemum segetum</i> , <i>Misopates orontium</i> , <u><i>Spergula arvensis</i></u> u.a.					
<u><i>Centaurea cyaneus</i></u> , <u><i>Vicia tetrasperma</i></u> , <i>Anthemis arvensis</i> , <i>Vicia hirsuta</i> u.a.					
<i>Apera spica-venti</i> , <i>Veronica hederifolia</i> , <i>Atriplex patula</i> , <i>Chenopodium album</i> , <i>Galeopsis tetrahit</i> , <i>Galinsoga parviflora</i> , <i>Lapsana communis</i> , <i>Matricaria chamomilla</i> , <i>Solanum nigrum</i> u.a.					
<u><i>Lamium amplexicaule</i></u> , <u><i>Avena fatua</i></u> , <u><i>Matricaria discoidea</i></u> , <i>Aethusa cynapium</i> , <i>Fallopia convolvulus</i> , <i>Senecio vulgaris</i> , <i>Veronica arvensis</i> , <i>Veronica persica</i> u.a.					
<i>Galium aparine</i> , <i>Poa annua</i> , <i>Polygonum aviculare</i> agg., <i>Viola arvensis</i> u.a. "Problemunkräuter"					

Tab. 2 Vegetationskundlich abgeleitete Intensitätsstufen: Grünland [Standortbereich mäßig trocken bis feucht (mäßig nass)]

Arrhenatheretalia-Gesellschaften					Ansaaten	
X	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Magerrasen	<i>Briza media</i> <i>Bromus erectus</i> <i>Campanula glomerata</i> , <i>Danthonia decumbens</i> , <i>Plantago media</i> , <i>Polygala vulgaris</i> , <i>Potentilla erecta</i> , <i>Primula veris</i> , <i>Salvia pratensis</i> , <i>Scabiosa columbaria</i> , <i>Succisa pratensis</i> u.a.m.					
	<i>Sanguisorba minor</i> , <i>Leontodon hispidus</i> , <i>Ononis repens</i> u.a.					
	<i>Ranunculus bulbosus</i> , <i>Campanula rotundifolia</i> , <i>Pimpinella saxifraga</i> u.a.					
	<i>Saxifraga granulata</i> , <i>Helictotrichon pubescens</i> , <i>Knautia arvensis</i> u.a.					
				<i>Poa trivialis</i> , <i>Anthriscus sylvestris</i> u.a.		
	<i>Arrhenatherum elatius</i> , <i>Festuca rubra</i> , <i>Agrostis tenuis</i> , <i>Alopecurus pratensis</i> in unterschiedlichen Artmächtigkeiten				nur vereinzelt	
					bei Dominanz von	
	höchstens schwach nachgesät		z.T. stärker nachgesät	z.T. sehr stark nachgesät	<i>Lolium perenne</i> , <i>Lolium multiflorum</i> , <i>Phleum pratense</i> u.a.	

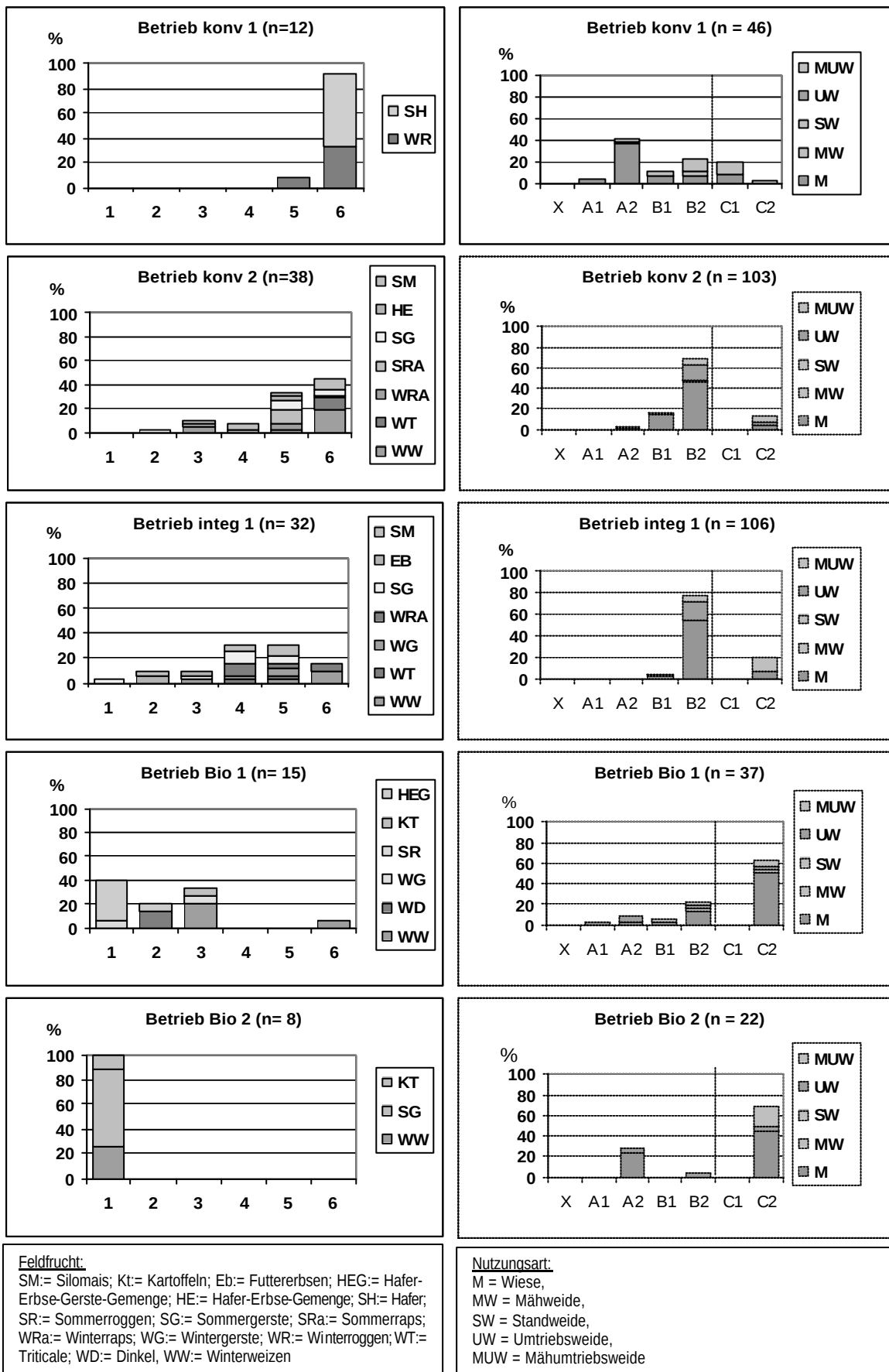


Abb. 1: Anteil (%) von Flächen pro Stufe vegetationskundlich abgeleiteter Bewirtschaftungsintensität differenziert nach Feldfrüchten (Äcker: links) bzw. Nutzungsarten (Grünland: rechts) [Bezugsjahr 2001].

Die Grünland-Spektren der Betriebe konv 2 und integ 1 weisen alle Flächen als floristisch verarmt sowie entsprechend sehr intensiv genutzt aus (hoher Anteil an [B1-,] B2- und C2-Flächen). Bedingt ist dies vor allem durch ein sehr hohes Düngungsniveau. Betrieb konv 1 hingegen ist ein im Grünland extensiv wirtschaftender Betrieb (hoher Anteil an floristisch wertvollen A2-Flächen), bedingt vor allem durch ein entsprechend niedriges Düngungsniveau. Das auf vielen Flächen ebenfalls geringe Düngungsniveau der Bio-Betriebe kommt in den Spektren kaum zur Geltung, da es sich bei vielen Dauergrünlandflächen um Ansaaten (C-Flächen) handelt. Da die Ansaat- und Nachsaatpraxis in noch immer zunehmendem Maße zum Verschwinden vieler bislang häufiger Pflanzenarten des Wirtschaftsgrünlandes beiträgt, ist eine größere Anzahl angesäter Flächen stets als ein Negativkriterium bei der Beurteilung landwirtschaftlicher Betriebe anzusehen. Auch die innerhalb der Fruchtfolge mit Klee-Gras-Gemischen angesäten Flächen werden im entsprechenden Jahr grünlandartig genutzt und müssen formal der Grünlandnutzung zugeordnet werden. Dies verschiebt den Anteil von Mager- zu Intensivgrünland auf Kosten des ersteren. Der negative Effekt einer hohen Nutzungsfrequenz auf den Erhalt einer an qualitativ hoch zu bewertenden Pflanzenarten reichen Grünlandvegetation zeigt sich in den Spektren darin, dass fast alle Um- und Mähumtriebsweiden in den Kategorien B2 und C2 zu finden sind.

4. Zusammenfassende Betrachtung und Fazit

Anhand von Intensitäts-Spektren zeigen sich größere inner- wie zwischenbetriebliche Unterschiede hinsichtlich der Intensität der Nutzung. Bei einem direkten Vergleich von Acker- und Grünlandnutzung innerhalb eines Betriebes gelangt man oft zu einer hinsichtlich der Bewirtschaftungsintensität gegensätzlichen Beurteilung. Werden die Äcker über Spritzmitteleinsatz, Bodenbearbeitung und Düngung besonders intensiv genutzt und muss entsprechend eine an der floristischen Qualität gemessene Bewertung negativ ausfallen, so kann im gleichen Betrieb noch ein großer Anteil mageren und entsprechend artenreichen Grünlandes vorhanden sein. Die Ausprägung der Grünlandvegetation ist insbesondere von der Höhe, kaum von der Art der Düngung abhängig. Entsprechend ist die Spanne an Nutzungsintensitäten im Grünland konventioneller Betriebe sehr groß und die ökologische Grünlandbewirtschaftung, nicht weniger intensiv oder extensiv als die konventionelle Grünlandbewirtschaftung. Bezogen auf die Ackernutzung zeigt sich hingegen ganz

eindeutig die im Unterschied zur konventionellen Bewirtschaftung positive Auswirkung des Ökolandbaus auf den Erhalt einer ackertypischen Begleitflora und -vegetation. Die Praxis der Klee-Gras-Ansaat und -Nachsaat wird sowohl generell als auch speziell in Hinsicht auf die biologische Wirtschaftsweise (2-3 Jahre Klee-Gras innerhalb der Fruchtfolge) kritisch beurteilt, da sie insgesamt betrachtet wesentlich zur Verarmung unserer Flora beiträgt.

Anhand von Intensitäts-Spektren kann der aus Sicht des biotischen Ressourcenschutzes jeweils schützenswerte und gegebenenfalls finanziell zu honorierende Anteil an Acker- und Grünlandflächen ermittelt werden. Das vorgestellte Instrumentarium „Intensitäts-Spektren“ wäre damit geeignet, eine zukünftig im engeren Sinne erfolgsorientierte Honorierung ökologischer Leistungen zu gewährleisten.

Danksagung

Die Arbeiten entstanden im Teilprojekt B6 des SFB 522 „Umwelt und Region (Vegetationskundlich-ökologische Indikatoren für die landwirtschaftliche Nutzungsintensität) und wurden durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und das Ministerium für Wissenschaft, Weiterbildung, Forschung und Kultur des Landes Rheinland-Pfalz gefördert.

Praxiseinführung des Modells REPRO zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebssysteme

Küstermann, Björn (Halle/Saale); Abraham, Jens¹; Hülsbergen, Kurt-Jürgen; Nehring, Wolfgang; Christen, Olaf

1 Einleitung

In den letzten Jahren hat das Konzept einer nachhaltigen Landbewirtschaftung zunehmend an Bedeutung gewonnen. Eine ressourcenschonende Landwirtschaft wird gleichermaßen von Verbraucherverbänden, der verarbeitenden Industrie und der Politik gefordert. Die landwirtschaftlichen Betriebe müssen dabei eindeutig dokumentieren können, dass sie im Sinne des Nachhaltigkeitsgedanken wirtschaften und produzieren. Bereits jetzt werden in bestimmten Regionen Ausgleichszahlungen an das Erfüllen von Umweltleistungen (z.B. Einhaltung niedriger Nitratkonzentration im Sickerwasser in Wasserschutzgebieten) geknüpft.

Ein Verfahren, das es gestattet, die Umweltwirkung landwirtschaftlicher Betriebe auf biotische und abiotische Ressourcen zu beurteilen und gleichzeitig die ökonomischen und arbeitswirtschaftlichen Gesichtspunkte zu berücksichtigen, stellt das im Institut für Acker- und Pflanzenbau der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg entwickelte Modell REPRO dar. Das unter WINDOWS laufende PC-Programm erlaubt es,

- die Bewirtschaftung zu dokumentieren, zu analysieren und zu bewerten,
- Schwachstellen im Betrieb zu ermitteln und Lösungen aufzuzeigen,
- Planvarianten abzuleiten und ökologisch-ökonomisch zu beurteilen,
- Umweltwirkungen von Betrieben mit Indikatoren und Zielwerten zu bewerten.

Grundlage dafür ist die enge Verknüpfung aller Betriebszweige unter Einbeziehung der Standortverhältnisse. Derzeit wird das Modell REPRO u.a. im Rahmen von mehreren Demonstrationsvorhaben in Sachsen-Anhalt (gefördert durch die Europäische Union, den Bund und das Land Sachsen-Anhalt) angewendet, um die Möglichkeiten eines breiten Einsatzes in den Landwirtschaftsbetrieben und der Beratung darzustellen.

2 Ziele der Demonstrationsvorhaben

Übergeordnetes Ziel der Vorhaben war die Demonstration der Nutzbarkeit des Modells REPRO in Landwirtschaftsbetrieben. Je nach Betriebsstruktur und Standortbedingungen standen unterschiedliche Probleme im Mittelpunkt der Modellanwendung. Allgemein wurden jedoch die Schwerpunkte auf die detaillierte Abbildung des Stoff- (Humus, N, P, K) und Energiehaushaltes sowie weiterer mit dem Stoffhaushalt und der Gestaltung der Produktionsverfahren in Verbindung stehender Umweltwirkungen (Nitrataustrag mit dem Sickerwasser, Denitrifikation, NH₃-Verluste, Bodenerosion und Bodenschadverdichtung) gelegt. Über Deckungsbeitragsrechnungen wurden verschiedene Bereiche der Betriebe ökonomisch bewertet.

Das Modell REPRO ermöglicht eine ökologische und ökonomische Bewertung sehr unterschiedlicher Aspekte der landwirtschaftlichen Produktion. Betriebliche Stoffflüsse werden visualisiert und Szenarienrechnungen erlauben die Optimierung von Produktionsprozessen. Den landwirtschaftlichen Betrieben wird mit dem Modell REPRO somit ein Werkzeug zur Schwachstellenanalyse, Bewertung und Planung zur Verfügung gestellt.

¹ eMail: abraham@landw.uni-halle.de

3 Material und Methoden

Grundlage der hier vorgestellten Untersuchung sind drei Betriebe aus Sachsen-Anhalt, die sich als Referenzbetriebe zur Verfügung gestellt haben. Bei den landwirtschaftlichen Unternehmen handelt es sich um zwei Betriebe in der Magdeburger Börde (ein Marktfruchtbetrieb: Referenzbetrieb 1 und ein Gemischtbetrieb: Referenzbetrieb 2) sowie einen Gemischtbetrieb aus der Altmark (Referenzbetrieb 3) (Tab. 1). In der ersten Phase der Demovorhaben fand eine Abbildung der Ist- Zustände statt. Die Datenerfassung erfolgte entsprechend der Modelltheorie in hoher räumlicher Auflösung (Pflanzenproduktion: Teilschlagebene; Tierproduktion: Stallbereich). Die Ergebnisse werden einschließlich der Indikatoren und Zielwerte mit den Betriebsleitern kritisch diskutiert. Zentrale Aspekte sind hierbei Aussagen zur Plausibilität und dem Informationsgehalt der Ergebnisse für die Optimierung der landwirtschaftlichen Betriebe. Durch Einweisungen und Schulungen sollen Mitarbeiter der Betriebe zur eigenständigen Modellnutzung befähigt werden. Die Ergebnisse der REPRO Anwendung werden abschließend auf einem Workshop den Landwirten und Beratern der Region vorgestellt. Die Referenzbetriebe in den jeweiligen Regionen dienen interessierten Landwirten als Konsultationspartner.

Tab.1: Anbaustruktur der Referenzbetriebe

Kennzahl	ME	Referenzbetrieb 1			Referenzbetrieb 2			Referenzbetrieb 3		
		1999	2000	2001	1999	2000	2001	1999	2000	2001
Anbaufläche	ha AF	2035	2047	2045	2303	2328	2286	1488	1488	1382
Ackerland	ha	2035	2047	2045	2225	2238	2232	1209	1209	1168
Grünland	ha	0	0	0	54	54	54	278	278	213
Getreide	% AF	67	65	67	57	60	60	53	57	55
Winterweizen	% AF	38	44	32	40	38	40	18	21	23
Körnerleguminosen	% AF	2	2	3	2	4	5	4	2	6
Hackfrüchte	% AF	11	10	9	29	22	21	22	19	21
Rüben	% AF	8	7	6	15	10	10	6	5	5
Kartoffeln	% AF	0	0	2	2	4	3	2	2	2
Silomais	% AF	3	3	1	10	8	6	10	9	11
Tierbestand	GV	0	0	0	1463	1461	1450	595	595	587

Gleichzeitig werden in den Demovorhaben erstmals Indikatoren und Zielwerte angewendet, die im Land Sachsen-Anhalt unter Leitung des Ministeriums für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt unter Mitwirkung von Vertretern der Verwaltung, der Agrarwissenschaft, des Umwelt- und Naturschutzes, der Beratung sowie der landwirtschaftlichen Praxis abgestimmt wurden.

4 Ergebnisse

Im Rahmen der Demovorhaben wurde zunächst die Ist-Situationen der Betriebe bezüglich der Betriebsstruktur sowie deren Umweltwirkungen bzw. -leistungen modelltechnisch abgebildet. Anhand unterschiedlicher Indikatoren und Zielwerte werden die Betriebe komplex bewertet (HÜLSBERGEN et al. 2002).

In der Tab. 1 wird ersichtlich, dass die untersuchten Betriebe bedeutende Unterschiede bezüglich ihrer Struktur aufweisen. Die Fruchtfolge des

Marktfuchtbetriebes ist mit einem Getreideanteil von mehr als 60 % einfacher strukturiert als die der Gemischtbetriebe. Begründet durch betrieblichen Futterbau sowie geringere Getreideanteile ergibt sich bei den Gemischtbetrieben daher eine höhere Fruchtartendiversität (Tab. 2). Die fehlende Tierproduktion wirkt sich bei dem Marktfuchtbetrieb nicht negativ auf die Humusversorgung aus (Tab. 2). Der Humusbedarf wird über die Einarbeitung von Stroh- und Gründüngung vollständig gedeckt. Bei der Einhaltung niedriger Stickstoffsalden werden die Probleme tierhaltender Betriebe gegenüber Marktfuchtbetrieben deutlich. Gegenwärtig gelingt es in den beiden tierhaltenden Betrieben noch nicht, organische und mineralische Dünger mit einer ähnlichen Effizienz wie im reinen Marktfuchtbetrieb einzusetzen. Alle drei Betriebe erzielen entsprechend der eingesetzten Energie hohe GE-Leistungen. Die geringeren Energieintensitäten in den Bördebetrieben spiegeln das höhere Ertragspotential der Lößstandorte gegenüber den Diluvialstandorten der Altmark wieder.

Tab. 2: Bewertung der Referenzbetriebe anhand von Indikatoren

Indikator	ME	Referenzbetrieb 1	Referenzbetrieb 2	Referenzbetrieb 3
Fruchtartendiversität	Index	1,98	2,13	2,15
Tierbesatz	GV/ha	0,00	0,63	0,40
Humusreproduktion	%	116	105	101
N-Saldo	kg/ha	56	106	92
Energieintensität	MJ/GE	154	177	226

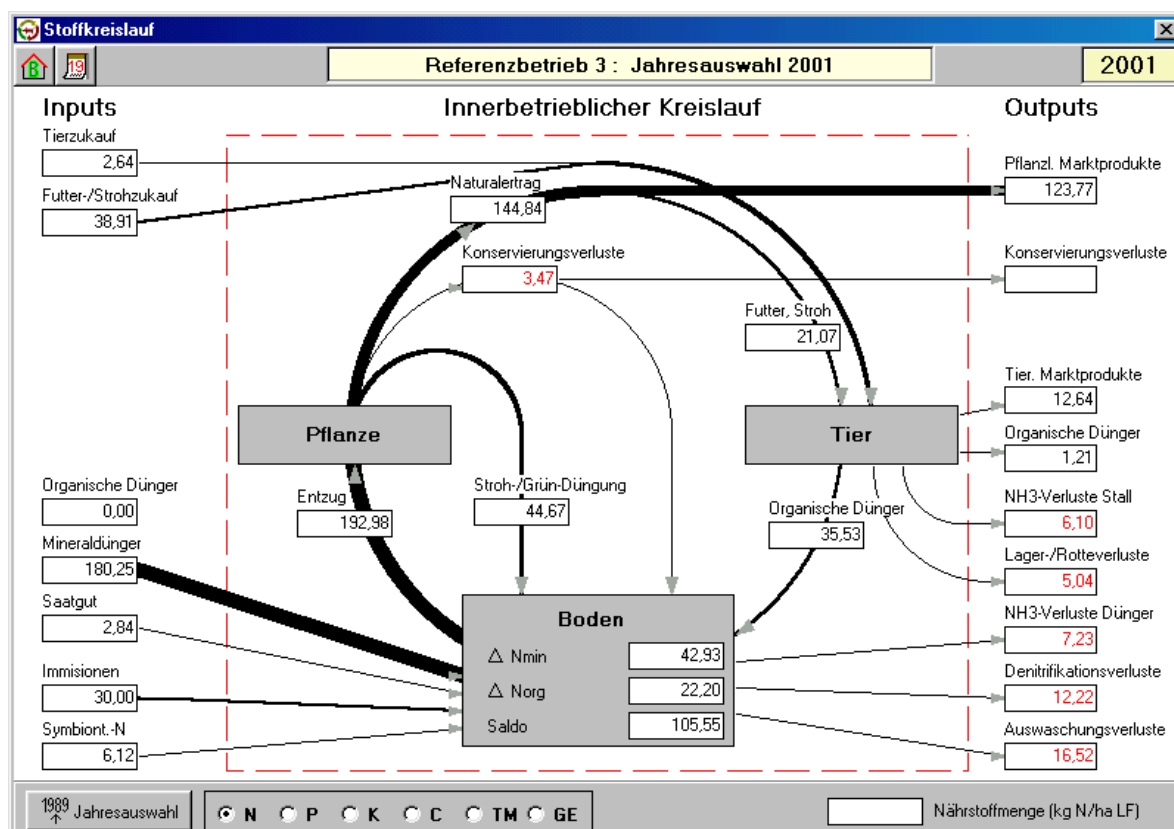
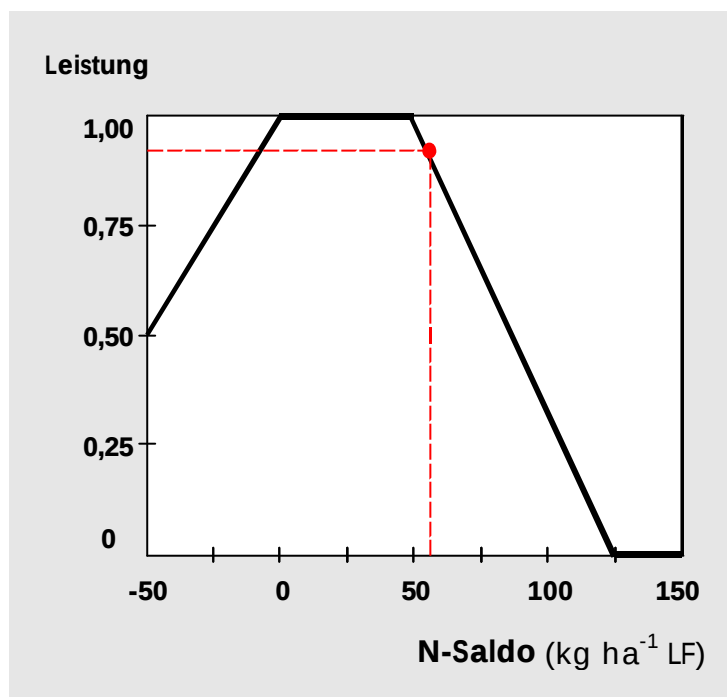


Abb. 1: N-Kreislauf als Screen-Shot aus dem Modell REPRO

Im Modell REPRO werden die betrieblichen Stoff- und Energieflüsse als Kreisläufe abgebildet (Abb. 1). Potentielle Verluste können so eindeutig bestimmten Betriebsteilen oder Betriebsabläufen zugeordnet werden. Die Berücksichtigung der verschiedenen Verlustpfade erlaubt anschließend eine Identifizierung der wichtigsten Schwachstellen im der Betriebssystem. Eine Vorgehensweise, die bei rein summarischer Betrachtung wie bei der Hoftorbilanz nicht möglich ist. Hierbei ist hervorzuheben, dass neben Zu- und Abfuhr von Stoffen und Energie, insbesondere auch die Interaktionen der Systeme Boden-Pflanze-Tier exakt abgebildet werden. Dies ermöglicht gerade bei der Untersuchung von Gemischtbetrieben auch Plausibilitätstests bei der Futterbereitstellung und dem Anfall organischer Dünger. Verschiedenste graphische Darstellungsformen wie Netzdiagramme, Normalisierungstechniken (Abb. 2), thematische Karten und Kreisläufe helfen, die Ergebnisse zu veranschaulichen. Die ökologische und ökonomische Analyse und Bewertung der Betriebe erlaubt abschließend eine Einordnung der konkreten Betriebsergebnisse sowie den Vergleich zu anderen Unternehmen.



1,0 = ökologisch optimaler Bereich

Abb. 2: Bewertung des N-Saldos des Referenzbetriebes 1

5 Zusammenfassung

Demonstrationsvorhaben in Sachsen-Anhalt belegen die Eignung des Modells REPRO zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Landwirtschaftsbetrieben. Während die Energieintensität und die Humusreproduktion in den drei Referenzbetrieben als ökologisch optimal bis gut einzuschätzen sind, ergibt sich Handlungsbedarf bezüglich der Stickstoffsalden in den tierhaltenden Betrieben. Schwachstellen im N-Management sind Ausgangspunkt für Szenariorechnungen. Mögliche Zielvarianten können mit dem Modell dargestellt und ebenfalls komplex bewertet werden.

Literatur:

HÜLSBERGEN, K.-J., J. ABRAHAM, O. CHRISTEN 2002: Analyse und Bewertung von Stoffflüssen landwirtschaftlicher Betriebe mit dem Modell REPRO (dieser Tagungsband)

Vergleich und Bewertung verschiedener Bewirtschaftungssysteme des integrierten und ökologischen Landbaus auf Grundlage eines Feldversuches

Reinicke, Frank (Halle/Saale)¹; Hülsbergen, Kurt-Jürgen; Christen, Olaf

1. Einleitung

Derzeit werden verstärkte Anstrengungen unternommen, langfristig umweltschonende Produktionsverfahren zu entwickeln und diese auch ökonomisch zu bewerten. Es werden dazu standortbezogene Kennzahlen benötigt, um Möglichkeiten und Grenzen von Betriebssystemen aufzuzeigen. Dabei müssen geeignete Indikatoren auf hochwertigen statistischen Daten beruhen, methodisch abgesichert, repräsentativ und leicht handhabbar sein. Der hohe Forschungsbedarf bei der Erfassung und Evaluierung von Agrar-Umweltindikatoren stellt daher neue Aufgaben an das Feldversuchswesen. Es bedarf an Exaktversuchen in denen Einzelansätze zusammengeführt und Zusammenhänge im Gesamtsystem analysiert werden. Hierbei gelangen die traditionellen Dauerversuche an ihre Grenzen, da die starren Versuchsbedingungen keine Reaktion auf konkrete pflanzenbauliche Situationen erlauben und damit einer Systembetrachtung nicht gerecht werden.

2. Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Bad Lauchstädt wird seit 1998 ein Feldexperiment zur Untersuchung ökologischer und integrierter Anbausysteme unter den Standortbedingungen des mitteldeutschen Trocken-Lößgebietes durchgeführt. Der Versuch ist als Dauerversuch konzipiert, um die langfristigen Wirkungen unterschiedlicher Düngungs- und Bodenbearbeitungssysteme auf Bodeneigenschaften, Pflanzenparameter und Umweltkomponenten analysieren zu können. Es wird zwischen viehhaltenden (Futterbau/Stallmistdüngung) und viehlosen (Marktfrucht/Grün- und Strohdüngung) Betriebsformen differenziert. Die Grundbodenbearbeitung umfasst die Prüfung von konventionellen und strukturschonenden Verfahren. Der Versuch ist als dreifaktorielle, zweistufige Spaltanlage (A(BxC)) für integrierte und ökologische Versuchsdurchführung mit 4 Wiederholungen angelegt. Die Prüffaktoren sind:

Prüffaktor A: Fruchtart
in den Stufen: A1: Klee-Luzerne-Gras
A2: Silomais bzw. Kartoffeln
A3: Winterweizen
A4: Wintergerste
A5: Erbsen
A6: Winterroggen

In jedem Jahr kommen alle Fruchtarten zum Anbau, wobei sie in der Reihenfolge der Stufen auf den Parzellen rotieren. Die Fruchtfolge stellt einen Kompromiss zwischen den unterschiedlichen betriebs- und marktwirtschaftlichen Aufgaben in den Systemen dar. In Stufe A2 wird aus diesem Grund zum einen Silomais zur Futtergewinnung und zum anderen Kartoffeln als Marktfrucht angebaut.

¹ eMail: reinicke@zeus.landw.uni-halle.de

Prüffaktor B: organische Düngung
in den Stufen: B1: Stallmist
B2: Stroh- und Gründüngung

Der eingesetzte Rottemist stammt je nach Bewirtschaftungsweise aus konventionellen bzw. ökologischen Tierhaltungsbetrieben und wird zu Silomais und Wintergerste ausgebracht. Die Aufwandmengen werden in den Anfangsjahren auf einen einheitlichen Stickstoffeinsatz von 210 kg/ha (jährlicher Nettoanfall von 70 kg/GV Stallmist-N) festgelegt und errechnen sich somit aus dem jeweiligen Stickstoffgehalt. Später findet in Relation zum systemeigenen Futter- und Einstreuaufkommen unter der Annahme eines leistungsabhängigen Exkrementenanfalls von einer GVe/ha eine Anpassung der Stallmistmenge statt.

Prüffaktor C: Bodenbearbeitung
in den Stufen: C1: (Pflug)
C2: Grubber (integriert) bzw. Zweischichtenpflug (ökologisch)

Die Bearbeitungstiefen richten sich nach den jeweiligen Gegebenheiten und Ansprüchen der Kulturpflanzen.

Der Versuch ist als dynamischer Feldversuch angelegt. Nur die Bewirtschaftungssysteme (Fruchtfolge, Tierbesatz) sind fest vorgegeben, die Bestandesführung wird an die jeweilige systemabhängige Situation angepaßt (Mineraldüngung nach Sollversorgung, Pflanzenschutz nach Schadensschwellen). Es findet ein umfangreiches Untersuchungsprogramm zu Pflanzen-, Boden- und Umweltparametern statt.

Für die Bewertung der Nachhaltigkeit wird das ComputermodeLL REPRO verwendet (HÜLSBERGEN, 2000). Durch die Integration aller Teilergebnisse mit Hilfe von Indikatoren und Bewertungsverfahren erfolgt eine Gesamtaussage über die Betriebssysteme. Es können Prognosen (z.B. Nitrataustrag, C/N-Langzeitdynamik) erstellt und mit späteren Meßwerten verglichen werden. Zudem besteht die Möglichkeit, das Modell anhand exakter Meßdaten zu validieren.

Der Versuch befindet sich derzeit noch in der Startphase, in der sich allmählich neue Gleichgewichte in den Systemen einstellen. Erst im vierten Anbaujahr wird z.B. jede Parzelle mindestens einmal eine organische Düngung erhalten haben. Unter diesem Aspekt sind auch die ersten Versuchsergebnisse zu interpretieren. So wurde noch nicht der ökologische Landbau analysiert, sondern die Umstellung auf diese Bewirtschaftungsform.

3. Ergebnisse

Vorgestellt werden die Erträge der Haupternteprodukte, speziell für Winterweizen einige ausgewählte Qualitätskennzahlen sowie beispielhaft für eine integrative Gesamtbewertung der Systeme die NBilanz jeweils als Mittelwerte der ersten drei Versuchsjahren.

Die Ertragsleistungen der geprüften Fruchtarten bei unterschiedlicher Bewirtschaftung sind in Tabelle 1 dargestellt. In den integrierten Produktionsverfahren wurde das Ertragsniveau des Standortes erreicht. Im Vergleich dazu lagen die Erträge bei der Umstellung auf ökologischen Landbau im Mittel der Prüfglieder bei Klee-Luzerne-Gras um 14,7 % und bei Körnererbsen um 7,5 % höher. Dagegen gingen die Erträge von Silomais um 7,3 %, von Winterweizen um 24,0 %, von Kartoffel um 24,4 % und von Wintergerste sogar um 33,3 % zurück.

Tabelle 1: Durchschnittliche Frischmasseerträge der einzelnen Fruchtarten in Abhängigkeit der Bewirtschaftung (1999-2001)

Fruchtart	integriert				ökologisch			
	mit Vieh Pflug	mit Vieh Grubber	viehlos Pflug	viehlos Grubber	mit Vieh Pflug	mit Vieh ZSP**	viehlos Pflug	viehlos ZSP**
Klee-Luzerne-Gras	575,1	587,1	589,4	561,0	651,0	653,7	640,6	680,0
Silomais	426,5	400,9	-	-	371,7	365,7	-	-
Kartoffel	-	-	362,9	364,3	-	-	275,6	274,6
Winterweizen*	80,2	81,3	85,1	85,3	57,1	52,6	71,7	71,0
Wintergerste*	87,6	81,7	82,4	78,2	62,3	61,2	49,2	47,2
Erbsen*	35,6	34,1	35,1	34,0	39,2	37,6	36,6	36,7
Winterroggen*	66,0	68,0	66,5	67,5	57,6	56,6	54,4	55,0

* bei 86 % TS-Gehalt

** Zweischichtenpflug

Die Ertragsunterschiede durch differenzierte Bodennutzung waren im integrierten Teil nur gering, da hier ein Ausgleich durch angepasste N-Mineraldüngung stattfand. So zeigte sich bei Silomais und bei Wintergerste eine Ertragsminderung um 6 % bei Verzicht auf eine wendende Bodenbearbeitung. Hier förderte während der Vegetationszeit die intensive Lockerung mit dem Pflug die N-Mineralisierung aus dem ausgebrachten Stallmist. Im Vergleich zwischen viehhaltenden und viehlosen Systemen erbrachte Wintergerste bei Strohdüngung 5,2 % geringe Erträge als bei Stallmistdüngung. Die Winterweizenerträge waren nach Kartoffelvorfrucht um 5,4 % höher als nach Silomais. Tabelle 2 gibt hierzu die entsprechenden Qualitätsparameter und Stroherträge an. Dabei ist zusätzlich der systemabhängige Mineral-N-Einsatz je erzeugter Dezitonne Korn mit angegeben.

Tabelle 2: Durchschnittliche Erträge und Qualität im Winterweizen in Abhängigkeit der Bewirtschaftung (1999-2001)

Parameter	integriert				ökologisch			
	mit Vieh Pflug	mit Vieh Grubber	viehlos Pflug	viehlos Grubber	mit Vieh Pflug	mit Vieh ZSP**	viehlos Pflug	viehlos ZSP**
Korntrag (dt/ha)	80,2	81,3	85,1	85,3	57,1	52,6	71,7	71,0
Rohproteingehalt (%)	12,5	12,6	12,5	13,0	9,4	9,8	11,6	11,1
Sedimentationswert	41,0	41,3	43,2	43,2	23,0	23,8	30,9	29,0
Fallzahl (s)	301,2	314,0	293,4	293,1	218,6	235,7	244,7	238,7
Strohertrag (dt/ha)	51,9	49,6	61,3	60,3	37,5	36,3	53,7	52,9
Stickstoffeinsatz (kg/dt)*	1,3	1,3	1,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0

* bezogen auf den Korntrag

** Zweischichtenpflug

Im ökologischen Versuchsteil waren die Ertragsunterschiede im Vergleich von viehhaltender und viehloser Bewirtschaftung bei Wintergerste und Winterweizen deutlicher ausgeprägt. Winterweizen reagierte stark auf die Vorfrucht. Trotz einer potentiellen Nachwirkung der Stallmistdüngung zu Silomais, waren die Erträge nach Kartoffel um 30,2 % höher. Dabei konnten auch in den Qualitätsparametern entsprechende Unterschiede festgestellt werden (Tab. 2). Wintergerste erreichte beim Verbleib des Stroh der Vorfrucht Winterweizen auf den Parzellen nur 78,1 % der Kornträge gegenüber einer Stallmistdüngung. Zwischen den

Bodenbearbeitungsgeräten Pflug vs. Zweischichtenpflug traten keine Ertragsunterschiede auf.

Tabelle 3: Mittlere Stickstoffbilanzen der Bewirtschaftungssysteme (1999-2001)

Kennzahl	ME	integriert				ökologisch			
		mit Vieh Pflug	mit Vieh Grubber	viehlos Pflug	viehlos Grubber	mit Vieh Pflug	mit Vieh ZSP***	viehlos Pflug	viehlos ZSP***
N-Entzug (Gesamt)	kg N/ha	170,9	164,1	173,9	163,8	145,3	147,1	145,2	143,0
Hauptprodukt	kg N/ha	149,4	144,5	142,4	137,7	128,0	127,4	119,2	119,3
Nebenprodukt	kg N/ha	21,5	19,6	31,5	26,1	17,3	19,7	26,0	23,7
N-Entzug (Ernteertrag)	kg N/ha	158,4	153,3	95,8	94,0	132,3	133,1	67,6	65,8
N-Zufuhr*	kg N/ha	255,0	254,1	246,6	238,8	208,5	209,9	195,0	196,6
N-Immission	kg N/ha	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
Symb. N-Fixierung	kg N/ha	68,3	68,9	62,1	59,1	77,0	77,4	69,0	71,1
Saatgut	kg N/ha	2,8	2,8	3,8	3,8	2,5	2,5	3,4	3,4
Mineraldünger	kg N/ha	55,6	55,8	57,5	61,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Organischer Dünger	kg N/ha	83,4	81,7	78,2	69,8	84,1	85,0	77,6	77,2
Strohdüngung	kg N/ha	11,7	10,0	23,0	19,8	12,2	12,9	18,3	17,9
Gründüngung	kg N/ha	0,8	0,9	55,1	50,0	0,9	1,1	59,3	59,3
Stalldung	kg N/ha	70,9	70,9	0,0	0,0	71,0	71,0	0,0	0,0
Veränderung Boden-N	kg N/ha	39,4	41,3	33,9	33,2	30,0	29,6	19,6	22,9
N-Saldo	kg N/ha	44,7	48,7	38,7	41,8	33,1	33,3	30,2	30,7
N-Ausnutzung**	%	67,0	64,6	70,5	68,6	69,7	70,1	74,5	72,7
P-Saldo	kg P/ha	3,3	4,3	-4,8	-4,5	-10,2	-10,0	-13,7	-13,7
K-Saldo	kg K/ha	-2,1	2,3	-12,0	-12,0	-27,9	-30,7	-39,8	-39,7

* Summe aller N-Zufuhren zum Boden, ohne Veränderung der Boden-Norg-Vorräte

** N-Ausnutzung = N-Entzug / N-Zufuhr x 100

*** Zweischichtenpflug

Der N-Saldo als Indikator für eine Gesamtbewertung der Betriebssysteme gestaltete sich sowohl in den ökologischen als auch in den integrierten Varianten günstig. Berücksichtigt wurde dabei eine N-Immission von 45 kg/ha sowie die Änderung des Boden-N-Vorrates auf Basis der Humusbilanz. Im Mittel konnte für die integrierten Systeme ein N-Saldo von 43,5 kg/ha festgestellt werden, wobei keine Variante über den kritischen Wert von 50 kg/ha lag. Im Vergleich dazu berechnete sich für die ökologischen Systeme ein N-Saldo von 31,8 kg/ha. Innerhalb der beiden Landbauformen waren in den viehhaltenden Systemen höhere Salden gegenüber den viehlosen Systemen festzustellen. Zwar wurde durch Viehhaltung mehr N mit der Ernte von Futter und Stroh vom Feld abgeführt, doch lagen hier die symbiotische N-Fixierung sowie der organische N-Einsatz durch die Rückführung mit Stallmist über dem der Systeme ohne Vieh. Weiterhin zeigte sich im integrierten Versuchsteil eine verstärkte N-Anreicherung im Boden bei bodenschonender Bewirtschaftung.

4. Schlussfolgerung

Anhand der Untersuchungsergebnisse können Ziel- und Grenzwerte für eine ökonomische und umweltgerechte Bodennutzung unter den Standortbedingungen des mitteldeutschen Trocken-Lößgebietes formuliert werden. Erkenntnisse aus dem Versuch können für eine Optimierung von Produktionsverfahren dienen. Mit längerer

Laufzeit ist die Möglichkeit für eine Anpassung und Weiterentwicklung von Prognose- und Bewertungsmodellen gegeben. Der Versuch stellt für weitere aktuelle Fragen zur unterschiedlichen Landbewirtschaftung, wie z.B. Biodiversität, N-Emission u.a., ein Untersuchungsobjekt dar.

5. Literatur

HÜLSBERGEN, K.-J.; Abraham, J.; BIERMANN, S.; WERNER, S.; HENSEL, G.; DIEPENBROCK, W. (2000): Einsatz des Modells REPRO zur Stoff- und Energiebilanzierung im Versuchsgut Scheyern. Forschungsbericht im Rahmen des Projektes "Langzeitmonitoring und Indikatoren". Martin-Luther-Universität Halle

HÜLSBERGEN, K.-J.; REINICKE, F. & HEINE, M. (2001): Der Dauerversuch „Ökologische-Integrierte Anbausysteme“ in Bad Lauchstädt. In: Diepenbrock, W. [Hrsg.]: Gestaltung der Anbauverfahren landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Shaker, Aachen S. 145-161.

REINICKE, F. (2000): Der Dauerversuch „Ökologische-Integrierte Anbausysteme“ in Bad Lauchstädt – Grundlagen und erste Ergebnisse. Diplomarbeit, Martin-Luther-Universität Halle 88 S.

Die Quantifizierung organischer Boden-Fraktionens mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie

Hartmann, Hans Peter (Hannover)¹; Appel, Thomas

1. Problemstellung

Um eine deutliche Reduktion von umweltschädlichen Stickstoffverlusten aus landwirtschaftlichen und gemüsebaulichen Produktionssystemen herbeizuführen, ist bei der Bemessung der Düngemengen nicht nur der Stickstoffbedarf der Kultur und der im Boden vorhandene mineralische Stickstoff zu berücksichtigen. Auch leicht umsetzbare organische Stickstoffverbindungen müssen Eingang in die Berechnung finden. Für eine direkte Abschätzung der Stickstofffreisetzung ist eine Quantifizierung dieser Verbindungen erforderlich.

Die Umsetzung dieser Verbindungen kann präziser durch den Einsatz von Simulationsmodellen abgebildet werden. Solche Simulationen werden bisher aber kaum für die tatsächliche Prognose der zu erwartenden Stickstoffmineralisation eingesetzt, da die Parametrisierung derartiger Modelle wiederum die Quantifizierung der im Boden vorhandenen organischen Verbindungen voraussetzt. Dies geschieht bisher meist nur durch zeit- und arbeitsaufwendige Bebrütungsversuche oder es werden verschiedenen Extraktions- und Fraktionierungsmethoden eingesetzt, die zwar deutlich weniger Zeit kosten, aber ebenfalls mit einem großen Arbeitsaufwand und somit mit erheblichen Kosten verbunden sind. Auch reichen die Ergebnisse dieser Quantifizierungsmethoden oft nicht für die Parametrisierung von Simulationsmodellen aus.

Die Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) stellt heutzutage eine weitverbreitete Methode zur Analyse organischer Materialien dar, deren Vorzüge in der schnellen simultanen Bestimmung mehrerer Inhaltsstoffe liegen. Grundlage für solche Analysen ist die Entwicklung von geeigneten Kalibrationsgleichungen mit Proben, deren Gehalt an der zu bestimmenden Substanz durch Referenzmethoden bekannt ist. Diese Kalibration geschieht durch Anwendung multipler linearer Regressionsverfahren. Sind solche NIRS-Kalibrationsgleichungen einmal entwickelt, lassen sich in einer unbekannten Probe durch eine spektrale Messung simultan die Gehalte sämtlicher Substanzen bestimmen, für die Kalibrationen vorhanden sind.

Die hier vorgestellten Untersuchungen hatten zum Ziel, die Eignung von NIRS für die Bestimmung von mineralisations-relevanten Größen in Bodenproben zu prüfen. Hierzu gehört zum einen die Eignung von NIRS zur Quantifizierung leicht umsetzbarer organischer Verbindungen und zum anderen die Frage, ob sich gegebenenfalls die entwickelten NIRS-Kalibrationsgleichungen auch für die Bestimmung dieser Gehalte in Bodenproben von anderen Standorten anwenden lassen.

¹ eMail: hp.hartmann@gsf.de

2. Material und Methoden

2.1. Probenbehandlung und Regressionsverfahren

Bei den hier vorgestellten Untersuchungen wurden alle Proben, an denen NIRS-Messungen durchgeführt wurden, in der gleichen Weise behandelt. Teilproben von den sämtlichen Varianten und Auswertungs-Zeitpunkten der Inkubationsversuche wurden getrocknet und bis zur NIRS-Analyse luftdicht gelagert. Anschließend wurden sie auf < 1mm vermahlen und mittels eines NIRS 5000 Spektrometers (FOSS NIRSystems Inc., Silver Spring, USA) in einem Spektralbereich von 1100 nm bis 2500 nm mit einer Auflösung von 2 nm analysiert.

Die Spektren wurden durch Streukorrektur (SNV/Detrend), Glättung und Bilden der ersten Ableitung auf 173 Datenpunkte pro Spektrum reduziert. Da sich mit einer solchen Datenmenge keine sinnvollen Regressionsrechnungen durchführen lassen, musste die Zahl der Größen, die ein Spektrum beschreiben, deutlich reduziert werden. Daher wurde in diesem Fall eine modifizierte Form der PLS-Regression angewandt (Shenk und Westerhaus, 1991), die die Variation in den Spektren bei sehr geringem Verlust an Information auf die Variation in wenigen charakteristischen spektralen Anteilen (Faktoren) reduziert.

Die Berechnung einer NIRS-Kalibrationsgleichung für einen Inhaltsstoff erfolgt dann durch multiple lineare Regression. Als Regressionsparameter dienen dabei die Gewichtungen der einzelnen spektralen Faktoren bei der Bestimmung des Inhaltsstoffes. Die Anzahl der in der Regression verwendeten Faktoren wird dabei durch eine Kreuzvalidierung begrenzt. Bei unseren Untersuchungen waren dies durchweg weniger als zehn, meist fünf oder weniger Faktoren. Werden nun die einzelnen Faktoren wieder in ihrer spektralen Darstellung eingesetzt, so entsteht eine Kalibrationsgleichung von der Form:

$$x = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \cdot a_i$$

Dabei sind:

x : Konzentration des Inhaltsstoffes

a_i : Absorptionskoeffizient bei Wellenlänge i (Meßgröße im NIR-Spektrum)

b_i : Gewichtungsfaktor für Wellenlänge i

Diese Form der Kalibrationsgleichung ergibt sich unabhängig von der Art der mathematischen Vorbehandlung der Spektren und dem gewählten Regressions-Algorithmus.

2.2. Inkubationsversuche

Um die Fragen zu klären, ob NIRS zur Quantifizierung organischer Fraktionen in Böden geeignet ist, und ob sich gegebenenfalls NIRS-Kalibrationen auf andere Standorte übertragen lassen, wurden NIR-Spektren von Bodenproben aus zwei verschiedenen Inkubationsversuchen aufgenommen. Die erste Untersuchung wurde an Proben eines Inkubationsversuchs vorgenommen, der bereits von Appel et al. (1995) beschrieben wurde. Der Boden wurde geteilt und jeweils eine Hälfte mit Quarzsand (Sand-Proben) bzw. mit Bentonit (Ton-Proben) vermischt. Auf diese

Weise entstanden zwei Böden unterschiedlicher Textur, aber mit gleichen organischen Gehalten. Anschließend wurden durch Zusätze verschiedene Düng-Varianten erzeugt. Verwendet wurden in dieser Untersuchung zum einen eine Variante, bei der 0,90 g Cellulose sowie 0,11 g N in Form von NH_4NO_3 pro kg Bodentrockenmasse (Cellulose-Variante), zum anderen die gleiche Menge N in Form von Endivienblättern als Gründüngung (Gründüngungs-Variante) eingemischt wurden. Von den vier entstandenen Kombinationen wurden für jeden der 13 Auswertungszeitpunkte jeweils 3 Gefäße mit je 200 g Boden gefüllt und bei 15°C unter aeroben Bedingungen inkubiert. Dabei wurde durch regelmäßiges Befeuchten der Wassergehalt bei einem Wert gehalten, der 60% der maximalen Feldkapazität des Ausgangsbodens entsprach. Die Auswertung geschah an den Tagen 0, 1, 2, 4, 7, 10, 14, 21, 28, 35, 42, 56, 70 durch Entnahme der Proben und Analyse auf $\text{N}_{\min}$ (NH_4 und NO_3).

Aus den gemessenen $\text{N}_{\min}$ -Zeitreihen der Cellulose-Variante wurden mit Hilfe des Modells NCSOIL (Molina et al., 1997) die Cellulose-Gehalte zu den verschiedenen Probenahme-Terminen ermittelt. Für den zeitlichen Verlauf ergab sich dabei ein einfacher exponentieller Abfall mit einer Zeitkonstante von $0,077 \text{ d}^{-1}$. Die so berechneten Werte des Cellulose-Gehalts wurden dann als Referenzgrößen für NIRS-Kalibrationen verwendet. Für die Sand- und die Ton-Proben wurden jeweils eigene Kalibrationen berechnet. Zusätzlich wurde in dieser Untersuchung das NIR-Spektrum reiner Cellulose aufgenommen, um die berechneten Kalibrationsgleichungen auf Plausibilität überprüfen zu können.

Die zweite Untersuchung hatte zum Ziel, die Übertragbarkeit von NIRS-Kalibrationsgleichungen auf andere Böden zu prüfen. Dazu wurden Proben eines Inkubationsversuchs verwendet, bei dem Böden von 23 unterschiedlichen Standorten zur Inkubation angesetzt worden waren. Die Böden zeigten eine sehr große Variation hinsichtlich ihrer Textur und ihrer organischen Gehalte. Dies ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 14: Mineralische und organische Gehalte der 23 Böden der zweiten Untersuchung

Bodenfraktion		Sand	Schluff	Ton	Org. C
Variation	min. (%)	4.2	15.5	4.5	0.8
	max. (%)	71.3	79.5	33.0	2.4

In diesem Fall wurde den Proben nichts beigemischt und die Auswertungstermine waren weniger häufig. Die Inkubation erfolgte analog zu der zuvor beschriebenen. Details hierzu sind nachzulesen bei Appel (1999). NIR-Spektren wurden allerdings nur von den Proben des ersten Auswertungstermins gemessen. Zur Erstellung von NIRS-Kalibrationen wurden Proben von 12 zufällig ausgewählten Standorten verwendet, die Proben der anderen 11 Standorte wurden zur Evaluierung der Kalibrationsgleichungen eingesetzt. Als Referenzwerte für die NIRS-Kalibrationen dienten in diesem Fall zum einen Messwerte des organischen C- und N-Gehalts zu Beginn der Inkubation und zum anderen die für diesen Zeitpunkt aus den $\text{N}_{\min}$ -Zeitreihen mittels NCSOIL simulierten Poolgrößen für eine labile (Pool 2) und einen stabile (Pool3) N-Fraktion im Boden.

3. Ergebnisse

In der ersten Untersuchung wurde zunächst eine gemeinsame Kalibration für die Sand- und Tonproben erstellt. Bei dieser Kalibration ließ sich, wie in Abbildung 1 dargestellt, eine sehr enge Beziehung zwischen simulierten und mittels NIRS geschätzten Cellulose-Gehalten herstellen ($r^2=0,95$). Bei der Verwendung eines Teils der Proben zur Kalibration und eines anderen Teils zur Evaluation blieb das Bestimmtheitsmaß für die Evaluation, unabhängig von der Art der Unterteilung, stets über 0,8.

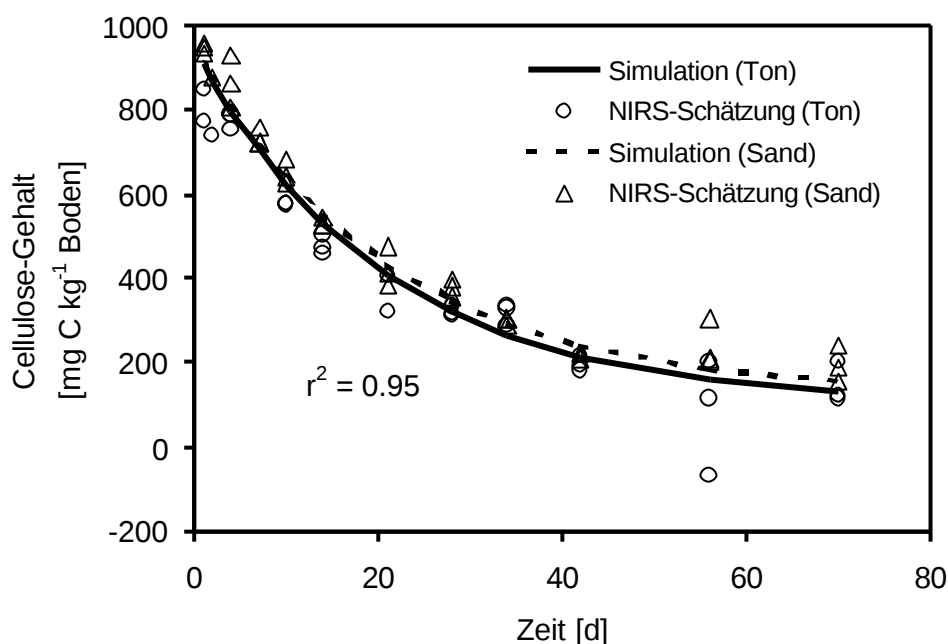


Abbildung 18: Vergleich der simulierten und mittels NIRS geschätzten Cellulose-Gehalte. Das Bestimmtheitsmaß wurde unter Berücksichtigung der Sand- und Ton-Proben ermittelt.

Diese Ergebnisse zeigen zwar, dass es in den Proben während der Inkubation chemische Veränderungen geben muss, die eine Änderung der NIR-Spektren zur Folge haben, sie zeigen aber nicht, welche chemischen Bestandteile dieser Veränderung zugrunde liegen. Daher wurden die in der NIRS-Kalibrationsgleichung stark gewichteten Wellenlängen mit dem Spektrum reiner Cellulose verglichen. In Tabelle 2 sind die Maxima dieser Koeffizienten b_i und des Cellulose-Spektrums angegeben. Zusätzlich sind diesen Werten Literaturwerte für die Absorptionsmaxima von Cellulose und Wasser gegenübergestellt. Dabei zeigen sich in den Wellenlängenbereichen, in denen die Absorption nicht durch Wassermoleküle beeinflusst wird, sehr deutliche Parallelen zwischen dem Cellulose-Spektrum und den Koeffizienten b_i der NIRS-Kalibrationsgleichung. Zudem stimmen die gemessenen Werte und die Literaturwerte für die Absorptionsmaxima der Cellulose im Rahmen der Messgenauigkeit überein.

Tabelle 15: Vergleich der Absorptionsmaxima von Wasser und reiner Cellulose mit den Maxima der Koeffizienten b_i der NIRS-Kalibrationsgleichung

	Wellenlänge der Maxima [nm]								
Maxima der Koeffizienten b_i der NIRS-Kalibrationsgleichung					2108	2268	2332	2348	2484
In dieser Untersuchung ermittelte Absorptionsmaxima von reiner Cellulose	1472	1762		1930	2094	2276	2336		2490
Literaturwerte für die Absorptionsmaxima von reiner Cellulose ¹⁾	1490	1780	1820	1930	2100	2270	2336	2352	2488
Literaturwerte für die Absorptionsmaxima von Wasser ¹⁾	1450	1790		1940					

¹⁾ (Shenk et al., 1992)

Um die Übertragbarkeit der Kalibrationsgleichungen auf Böden mit anderer Textur zu überprüfen, wurde die mit Sand-Proben erstellte Gleichung auf die Ton-Proben angewendet und umgekehrt. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt. Es zeigte sich, dass zwar die Bestimmtheitsmaße für die Regressionsgeraden in einem annehmbaren Rahmen bleibe, dass aber die Steigungen m dieser Regressionsgeraden deutlich von eins abweichen, und zwar jedes mal in einer Weise, als seien die in den Ton-Proben gemessenen Cellulose-Gehalte nur etwa halb so hoch, wie die in den Sand-Proben ermittelten Werte. Der gleiche Effekt konnte beobachtet werden, wenn die NIRS-Kalibrationsgleichungen für die Ermittlung des Cellulose-Gehalts auf die Gründungs-Varianten angewendet wurden. Dabei wurde in erster Näherung davon ausgegangen, dass der Cellulose-Anteil in der Trockenmasse der Gründung konstant über den Inkubationszeitraum 20% betrug.

Tabelle 16: Anwendung der Cellulose-Kalibrationen auf Varianten mit unterschiedlicher Textur und Düngung. Angegeben sind das Bestimmtheitsmaß r^2 und die Steigung m der Regressionsgeraden sowie die Anzahl der bei der Erstellung der Kalibrationsgleichung verwendeten spektralen Faktoren.

Kalibration angewendet auf Proben mit									
Cellulose					Gründung				
Sand		Ton		Sand		Ton			
r^2	m	r^2	m	r^2	m	r^2	m		
Kalibration erstellt mit	Sand-Proben (2 Faktoren)	0,96	0,97	0,79	0,41	0,92	0,92	0,69	0,40
	Ton-Proben (6 Faktoren)	0,94	2,03	0,98	0,97	0,88	1,60	0,97	0,97

Um den Effekt der unterschiedlichen Textur auszugleichen, wurden die Referenzwerte der organischen Gehalte mit Faktoren gewichtet, die sich aus den

Texturdaten des Bodens nach dem von Couillard angegebenen Verfahren berechnen lassen (Couillard et al., 1996). Durch Anwendung dieses Verfahrens änderten sich die Steigungen der Regressionsgeraden deutlich, wie in Tabelle 4 dargestellt ist.

Tabelle 17: Steigung der Regressionsgeraden bei der Anwendung von Cellulose-Kalibrationen ohne und mit Gewichtung der Referenzwerte nach Couillard.....

	ungewichtet		gewichtet	
	Kalibration angewendet auf Proben der Cellulose-Variante mit			
	Sand	Ton	Sand	Ton
Sand-Proben (2 Faktoren)	0,97	0,41	0,97	0,87

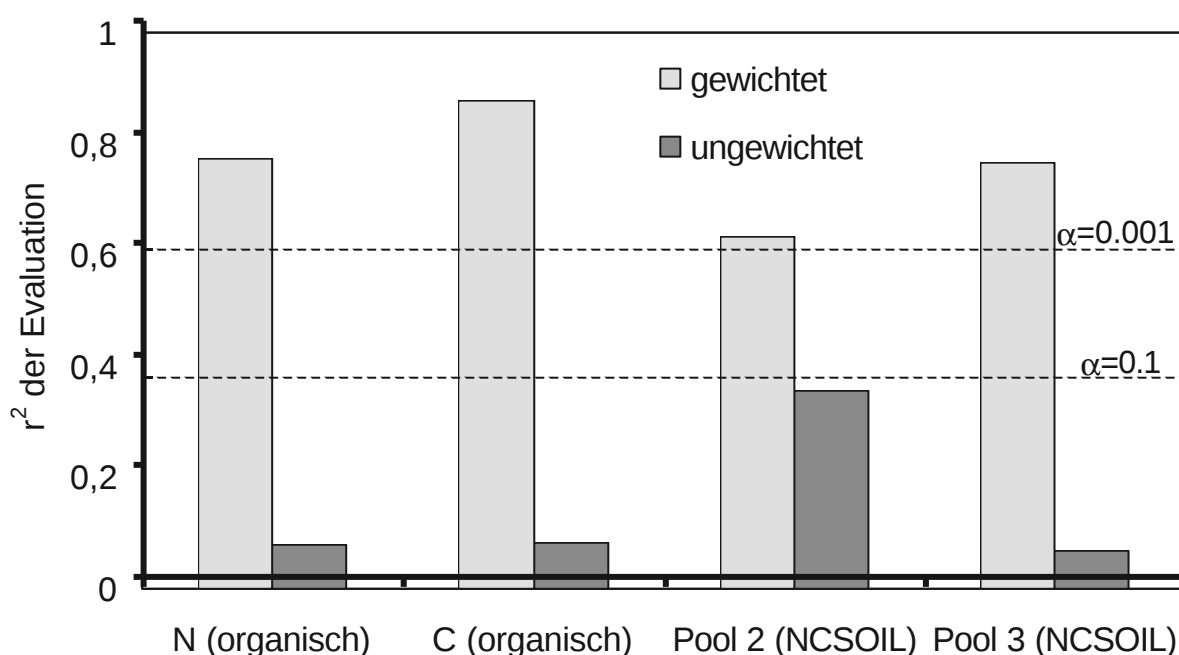


Abbildung 19: Vergleich der Bestimmtheitsmaße der Validation für gewichtete und ungewichtete Referenzwerte. Zusätzlich angegeben sind die Signifikanzniveaus für zwei verschiedene Werte von α .

Ton-Proben (6 Faktoren)	2,03	0,97	0,89	0,97
--------------------------------	------	------	------	------

4. Diskussion

Die erste Untersuchung zeigte deutlich, dass zwischen den NIR-Spektren der Bodenproben und deren simulierten Cellulose-Gehalten ein Zusammenhang besteht. Anhand der Korrelationen war aber noch nicht ersichtlich, ob dieser Zusammenhang tatsächlich auf den sich verändernden tatsächlichen Cellulose-Gehalten und deren

spektralen Auswirkungen beruhte, oder ob es sich um Scheinkorrelationen handelte, die auf andere chemische Veränderungen zurückzuführen waren. Durch den Vergleich der in der NIRS-Kalibrationsgleichung stark gewichteten Wellenlängen und dem Spektrum reiner Cellulose ließ sich diese Frage allerdings klären. Im Wellenlängenbereich über 2000 nm zeigte sich im Rahmen der Messgenauigkeit eine Übereinstimmung der Maxima der Koeffizienten b_i und den Absorptionsmaxima der Cellulose. Dies deutet stark darauf hin, dass die NIRS-Kalibrationsgleichung tatsächlich den Cellulose-Gehalt in der Probe beschreibt. Im Wellenlängenbereich unterhalb 2000 nm haben Absorptionsmaxima von Wasser einen erheblichen Einfluss auf die Bodenspektren. Diese Maxima liegen, wie aus Tabelle 2 ersichtlich, sehr dicht bei denen der Cellulose, so dass sie in der Regression nicht voneinander getrennt werden konnten. Daher traten diese Maxima nicht in den Koeffizienten b_i der NIRS-Gleichung auf. Andernfalls hätte ein erhöhter Wassergehalt in einer unbekannten Probe zur Folge gehabt, dass bei Anwendung der NIRS-Gleichung ein höherer Cellulose-Gehalt geschätzt würde. Daher ist es sehr günstig, dass in den niedrigeren Wellenlängenbereichen keine Maxima in den Koeffizienten der NIRS-Gleichung auftraten. Es kann also gefolgert werden, dass auf diese Weise tatsächlich der Cellulose-Gehalt in den Proben geschätzt werden kann. Es scheint somit möglich, mit Hilfe von NIRS eine relativ kleine Fraktion der organischen Substanz im Boden zu quantifizieren.

Veränderliche Anteile des mineralischen Hintergrundes aus Sand, Schluff und Ton können zu nichtlinearen Zusammenhängen zwischen organischen Inhaltsstoffkonzentrationen und deren spektralen Auswirkungen führen. Dies zeigte sich bei der Anwendung der NIRS-Gleichung zur Cellulose-Bestimmung in Bodenproben mit anderer Textur. Da die Cellulose-Gehalte in Sand-Proben bei Anwendung einer mit Ton-Proben erstellten NIRS-Gleichung überschätzt wurden und umgekehrt bei der Anwendung einer mit Sand-Proben erstellten Gleichung auf Ton-Proben die Gehalte unterschätzt wurden, zeigten Böden mit feinerer Textur offensichtlich eine geringere Transparenz im nah-infraroten Bereich. Diese unterschiedliche Transparenz kann kompensiert werden, indem multiplikative Gewichtungsfaktoren, die aus den Anteilen der mineralischen Fraktionen berechnet werden können, bei der Angabe von Referenzwerten verwendet werden.

Diese Möglichkeit der Berücksichtigung verschiedener mineralischer Bodenbestandteile erwies sich auch bei der zweiten Untersuchung als sinnvoll. Dabei ist zu bemerken, dass dieses Verfahren bisher noch nicht erfolgreich zur Untersuchung von natürlichen Bodenproben, sondern bislang nur für artifizielle Sand-Ton-Gemische eingesetzt worden war (Couillard et al., 1996). Ausgehend von den Ergebnissen dieser Untersuchung scheint es möglich, Poolgrößen zur Parametrisierung von Mineralisationsmodellen durch NIRS zu bestimmen. Für diese Untersuchung muss aber kritisch angemerkt werden, dass es nicht auszuschließen ist, dass alle Kalibrationen auf den organischen C-Gehalt der Proben zurückzuführen sind, es sich also bei den anderen Inhaltsstoffen um Scheinkorrelationen handeln könnte, da die Korrelation dieser Gehalte zum organischen C-Gehalt recht hoch sind.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass zum einen NIRS aufgrund der hier vorgestellten Ergebnisse geeignet scheint, einzelne organische Fraktionen im Boden zu quantifizieren, solange deren absoluter Gehalt nicht zu gering ist. Zum anderen können NIRS-Kalibrationsgleichungen auf Böden von anderen Standorten übertragen werden, sofern die Textur der Böden bei der Angabe von Referenzwerten in geeigneter Weise berücksichtigt wird.

Literatur:

Appel, T., 1999: Extrahierbarer organischer Stickstoff im Boden. Deutsche Hochschulschriften 1161, Hänse-Hohenhausen, Egelsbach, Frankfurt, New York.

Appel, T., Sisak, I., Hermanns-Sellen, M., 1995: CaCl₂ extractable N fractions and K₂SO₄ extractable N released on fumigation as affected by green manure mineralization and soil texture. *Plant and Soil* **176**, 197-203.

Couillard, A., Turgeon, A.J., Westerhaus, M.O., Shenk, J.S., 1996: Determination of soil separates with near infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **4**, 201-212.

Molina, J.A.E., Crocker, G.J., Grace, P.R., Klír, J., Körschens, M., Poulton, P.R., Richter, D.D., 1997: Simulating trends in soil organic carbon in long-term experiments using the NCSOIL and NCSWAP models. *Geoderma* **81**, 91-107.

Shenk, J.S., Westerhaus, M.O., 1991: Population Definition, Sample Selection, and calibration Procedures for Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Crop Science* **31**, 469-474.

Shenk, J.S., Workman, J.J., Westerhaus, M.O., 1992: Application of NIR Spectroscopy to Agricultural Products. In: Burns, D.A., Ciurczak, E.W. (Eds.), *Handbook of near-infrared analysis*. Dekker, New York, pp. 383-431.

Laser-basierte Chlorophyllfluoreszenz-Sensorik zur Erfassung des N-Status von Weizen

Bredemeier, Christian (Freising)¹; Schmidhalter, Urs

INTRODUCTION

Remote sensing of vegetation health status, based on the optical properties of the plants, is a very attractive tool since this method is non-destructive and allows timely correction of the fertilization, in the case of stress due to nutrient deficiency (Heisel et al., 1996). In this regard, the development of adequate indicators of the plant nutritional status and of the plant canopy vigor, as well as its structural and functional characteristics, is one of the most important targets (Kharuk et al., 1994).

One technique to observe the nutritional and physiological status of plants by optical methods is based on the fluorescence of the plant pigments. This optical method is based on the fact that plant pigments as chlorophyll show a typical fluorescence when excited with a light source or a laser beam. Laser-induced chlorophyll fluorescence is the optical emission from chlorophyll molecules that have been excited to a higher energy level by absorption of electromagnetic radiation. The main advantage of fluorescence detection compared to reflection measurements is the greater sensitivity achievable because the fluorescence signal has a very low background, since the signal comes only from the green plant parts.

The role played by N in chlorophyll synthesis suggests that a deficiency in this nutrient in the plant could be detected on the basis of changes in the plant's fluorescence spectra. The chlorophyll content of the leaf is positively correlated with the N concentration, especially on a leaf area basis (Ercoli et al., 1993). This correlation can be assigned to the fact that N is the major constituent of the tetrapyrrole nucleus of chlorophyll, as well as enzymes, and electron carriers. In this sense, it is expected that the fluorescence spectra can be used for a fast determination of the leaf chlorophyll content and as an indicator of the relative concentration of N.

The chlorophyll fluorescence spectra of the upper leaf side exhibit two fluorescence maxima: one near 690 nm and a second one around 740 nm. With increasing chlorophyll content, the 690 nm fluorescence band is decreased by a preferential reabsorption of the emitted fluorescence at 690 nm by chlorophylls. It occurs due to the partial overlapping of the absorption spectrum of the chlorophylls with the fluorescence emission spectrum between 640 nm and 710 nm (Lichtenthaler & Rinderle, 1988).

The experiments had the objective to determine the relationship between the fluorescence intensity at 680 nm and 740 nm and the fluorescence ratio F680/F740 and the chlorophyll content of wheat leaves, as well as to investigate the influence of nitrogen supply and environmental conditions on the fluorescence yield and on the fluorescence ratio F680/F740.

MATERIAL AND METHODS

Experiments with wheat (*Triticum aestivum*) have been carried out under controlled environmental conditions at the Department of Plant Sciences, Chair of Plant Nutrition of the Technical University of Munich (Freising, Germany). The average air

¹ eMail: bredemei@wzw.tum.de

temperature was 18/14°C day/night, the relative air humidity was 60/75% day/night, and the maximum photosynthetically active radiation was 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ during the day (if not otherwise specified). The light period was 12 h. Every afternoon, the plants received an adequate amount of water. The treatments consist of different N-fertilization levels applied to the plants.

The experimental set-up for measuring chlorophyll fluorescence emission was as follow. *In vivo* fluorescence of chlorophyll was measured with a laser (light amplification by stimulated emission of radiation) system at 18°C air temperature (if not otherwise specified) under steady-state condition of fluorescence, i.e., in light-adapted plants. The excitation and the sensing of the fluorescence was performed at the upper leaf surface of the youngest fully expanded leaves. The leaf was kept at an angle of 90° with respect to the laser excitation beam and at a distance of 14 cm (laser focal distance) from the laser device. The leaf area illuminated by the laser beam at this distance is about 18 mm².

The excitation wavelength of the laser device is 640 nm, with an energy of 15 mW. Chlorophyll fluorescence emission was detected and measured at two wavelengths (680 nm and 740 nm) through interference filters and photomultiplier. The ratio between both wavelengths (F680/F740) was then calculated.

Before the measurements were carried out, the chlorophyll content of the leaf was estimated by a portable chlorophyll meter (SPAD-502, Minolta Camera Co., Osaka, Japan). The Minolta SPAD-meter is used to measure the relative greenness of leaves, which is directly related to the chlorophyll content. The chlorophyll meter determines the relative amount of chlorophyll in leaves by measuring transmittances at red (650 nm, where absorption is high) and near-infrared (940 nm, where absorption is low) wavelength regions (Minolta, 1989). The light transmitted by the leaf is converted into electrical signals and on the basis of these two transmittances the instrument calculates a number (called "SPAD value" and unitless) that is positive correlated with chlorophyll content. The higher the "SPAD value", the greener the leaf. The chlorophyll meter provides a simple, quick, and nondestructive method for estimating leaf chlorophyll content. The correlation between "SPAD value" and chlorophyll and N leaf content was determined in this study.

The photosynthetic pigments (chlorophylls) were extracted with acetone 100% and determined spectrophotometrically at 645, 647, 652, 663 and 664 nm. The leaf N-concentration was determined by mass spectroscopy (ANCA-MS SL 20-20, Europa-Scientific, Crewe, UK).

The effect of different light intensity and air temperature conditions on the fluorescence intensity and on the ratio F680/F740 was studied. The fluorescence intensity was measured at different light intensities (from 10 to 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and air temperatures (from 15° to 25°C).

RESULTS AND DISCUSSION

Relationship between chlorophyll meter readings (SPAD values), total nitrogen and chlorophyll content.

The relationship between SPAD values and N content of wheat leaves was determined at the 6-leaf-stage (37 days after emergence), while the relationship between SPAD values and chlorophyll content was determined at the 7-leaf-stage (44 days after emergence).

The chlorophyll meter readings (SPAD values) were well correlated with the leaf nitrogen content. Correlation between SPAD values and leaf N calculated on leaf area basis was highly significant ($r^2=0.86$, $p=0.01$) (Figure 1). The chlorophyll a content on leaf area basis was also good estimated by the chlorophyll meter reading

(SPAD value) (Figure 1). The results confirmed that the chlorophyll meter can be used as a tool to estimate the chlorophyll content and the N nutritional status of wheat plants.

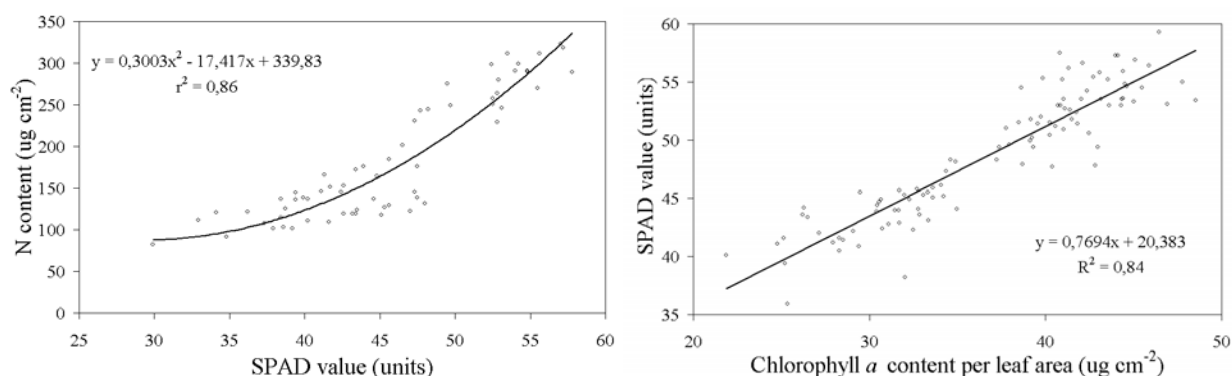


Figure 1: Relationship between chlorophyll meter readings (SPAD values) and N content and chlorophyll a content (both expressed on leaf area basis).

Relationship between chlorophyll fluorescence intensity, fluorescence ratio F680/F740, nitrogen supply and leaf chlorophyll content.

The results of the experiments showed that the fluorescence intensity at 680 nm and 740 nm was affected by the chlorophyll content of wheat leaves, as estimated by the chlorophyll meter. The 680 nm fluorescence band decreased as the chlorophyll meter reading (SPAD value) increased ($r^2=0.60$, $p=0.01$), while the fluorescence band at 740 nm slightly increased as the reading of the chlorophyll meter, i.e., the SPAD value increased ($r^2=0.05$, not significant) (Figure 2).

With increasing chlorophyll content, the 680 nm fluorescence band is decreased by a reabsorption of the 680 nm band by the photosynthetic pigments. It occurs due to the partial overlapping of the absorption spectrum of the chlorophylls with the fluorescence emission spectrum (Lichtenthaler & Rinderle, 1988). Below 700 nm, chlorophyll a absorbs strongly the light radiation, while at longer wavelengths it absorbs weakly. Hence, in leaves with a low chlorophyll content, the reabsorption of the emitted chlorophyll fluorescence near 690 nm is decreased.

In the other hand, the fluorescence intensity at 740 nm was little affected by the pigment content. This fluorescence band increased slightly as the chlorophyll content increased (Figure 2), since light at 680-690 nm preferentially activates photosystem I (Koizumi et al., 1998), resulting in fluorescence at 740 nm.

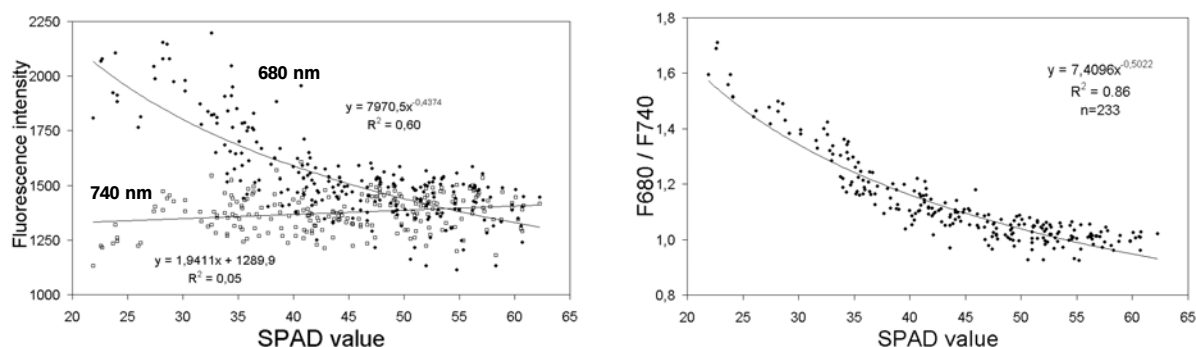


Figure 2: Chlorophyll fluorescence intensity at 680 nm and 740 nm and fluorescence ratio F680/F740 as affected by the leaf chlorophyll content (SPAD value).

The correlation between fluorescence measurements and chlorophyll meter readings was improved by the use of the chlorophyll fluorescence ratio F680/F740, instead of single-band fluorescence intensity measurements (Figure 2). The fluorescence ratio F680/F740 was better correlated with the chlorophyll meter reading than were the values of the single fluorescence bands ($r^2=0.86$, $p=0.01$). According to Schweiger et al. (1996), fluorescence ratios (e.g. F680/F740) vary very little and much less from leaf to leaf than the absolute fluorescence yield. For this reason, the fluorescence ratio F680/F740 was more sensitive to estimate the chlorophyll content (SPAD value) than were fluorescence values of single bands alone.

The regression between the chlorophyll fluorescence ratio F680/F740 and the chlorophyll meter readings (SPAD values) was curvilinear (Figure 2), indicating that at low and medium chlorophyll contents (SPAD values between approximately 22.0 and 45.0) the regression between SPAD and fluorescence ratio F680/F740 values was mainly linear. The fluorescence ratio F680/F740 decreased as the chlorophyll content (SPAD value) increased, but the decrease in the ratio with increasing SPAD values became lower as the SPAD value increased. At high chlorophyll contents (SPAD values greater than 52.0-53.0) the fluorescence ratio values tended to stabilize (Figure 2).

Table 1 shows the inverse relationship between fluorescence ratio F680/F740 and chlorophyll *a* content (mean treatment values), as well as the total chlorophyll content (*a+b*) at the 7-leaf-stage. In this developmental stage, the leaf chlorophyll *a* content was better estimated by the chlorophyll fluorescence ratio F680/F740 than was total chlorophyll content (Table 1). It can be assigned to the fact that chlorophyll *a* of chloroplasts of the mesophyll cells is the only significant source of red fluorescence in leaves (Lang et al., 1994), since chlorophyll *b* and the accessory pigments transfer almost 100% of their absorbed energy to chlorophyll *a*. In addition, the fluorescence ratio F680/F740 estimated chlorophyll *a* and total chlorophyll (*a+b*) content better when based on leaf area rather than on leaf weight (Table 1).

Table 1: Chlorophyll meter reading (SPAD value), total chlorophyll (*a+b*), chlorophyll *a* content and chlorophyll fluorescence ratio F680/F740 in wheat leaves at the 7-leaf-stage as affected by the N supply.

N applied	SPAD	Total chlorophyll (<i>a+b</i>)		Chlorophyll <i>a</i>		F680/F740
g N pot ⁻¹	units	mg g FW ⁻¹⁽¹⁾	µg cm ⁻²	mg g FW ⁻¹	µg cm ⁻²	
no N	42.8	2.37	40.17	1.72	29.15	1.77
0.15	43.9	2.54	41.63	1.90	31.16	1.76
0.40	52.7	3.08	53.33	2.35	40.62	1.64
0.85	51.2	3.30	54.86	2.42	40.15	1.66
1.25	53.2	3.40	59.66	2.49	43.65	1.63
Chl <i>a</i> (µg cm ⁻²) = -0.01*(F680/F740) + 2.08			$r^2=0.98$			
Chl <i>a</i> (mg g FW ⁻¹) = -4.96*(F680/F740) + 10.57			$r^2=0.94$			
Chl <i>a+b</i> (µg cm ⁻²) = -123.82*(F680/F740) + 259.44			$r^2=0.95$			
Chl <i>a+b</i> (mg g FW ⁻¹) = -6.51*(F680/F740) + 13.95			$r^2=0.90$			

⁽¹⁾ FW=fresh weight.

On the Figure 3 the treatment means (mean of 50 measurements) of different environmental conditions, N levels, and sampling dates in which the measurements were carried out were plotted together. The chlorophyll fluorescence ratio F680/F740 was good correlated with the chlorophyll content (SPAD value) ($r^2=0.82$, $p=0.01$). The fluorescence ratio varied from about 1.96 to 1.59 with an increase in the SPAD value from approximately 32.0 to 55.0 (Figure 3). The results showed that the N-nutritional status of wheat can be determined through measurements of the chlorophyll fluorescence ratio F680/F740 within a great set of environmental conditions.

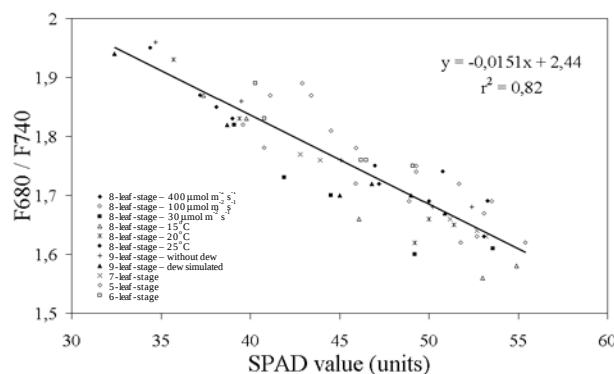


Figure 3: Chlorophyll fluorescence ratio F680/F740 as affected by the chlorophyll content (SPAD value) under different sampling dates and environmental conditions. Each point is a combination between N-level, sampling date and environmental condition.

Our results also showed that N-fertilization levels could be differentiated by means of fluorescence ratio F680/F740 measurements (Table 2). The mean chlorophyll fluorescence ratio F680/F740 in wheat leaves varied from 1.96 in plants without N-fertilization up to the 9-leaf-stage (SPAD_{mean}=34.7) to 1.68 in plants receiving 1.25 g N/pot (SPAD_{mean}=52.4) (Table 2).

Table 2: Chlorophyll meter reading (SPAD value), fluorescence intensity and chlorophyll fluorescence ratio F680/F740 at the 9-leaf stage as affected by the N supply

N applied	SPAD	Fluorescence intensity		F680/F740
		680 nm	740 nm	
g N pot-1	units			
no N	34.7	2522	1288	1.96
0.15	39.5	2410	1301	1.86
0.40	45.1	2367	1344	1.76
0.85	50.2	2296	1364	1.68
1.25	52.4	2347	1393	1.68

Effect of light intensity on chlorophyll fluorescence intensity and fluorescence ratio F680/F740.

The fluorescence ratio F680/F740 was little affected by light condition. The results showed that the fluorescence ratio of wheat leaves was almost insensitive to the light intensity between 30 and 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figure 5), in spite of the great differences in the fluorescence yield at 680 nm and 740 nm between plants grown under different light intensities. The fluorescence yield at 680 nm was about 24% higher and at 740 nm was about 28% higher at 30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ than at 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figure 4). The hypothesis to explain this behaviour is that low light intensity condition may reduce the rate of photosynthesis and electron transport, leading to an increased de-excitation of the absorbed light energy via heat emission or chlorophyll fluorescence (Lichtenthaler & Rinderle, 1988). The more efficient the photosynthetic process, the lower the fluorescence return. This inverse relationship between fluorescence

intensity and photosynthetic activity can explain the increase in fluorescence emission intensity at 680 nm and 740 nm as light intensity decreased.

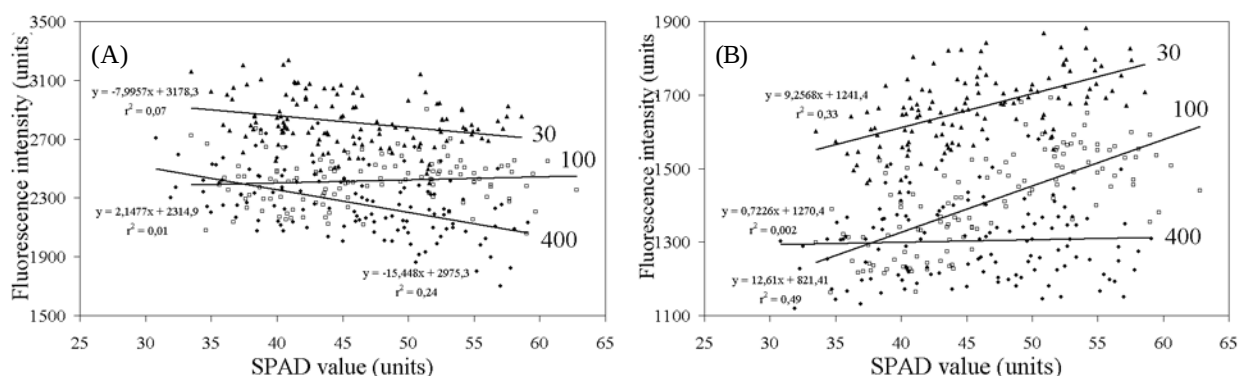


Figure 4: Chlorophyll fluorescence intensity at 680 nm (A) and 740 nm (B) at the 9-leaf-stage as affected by chlorophyll content (SPAD value) and light intensity. The number at each regression line represents the light intensity (in $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

In opposite to the fluorescence intensity, the fluorescence ratio was little affected by the light intensity (Figure 5), varying only 3% between plants grown at 30 and at 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Table 3).

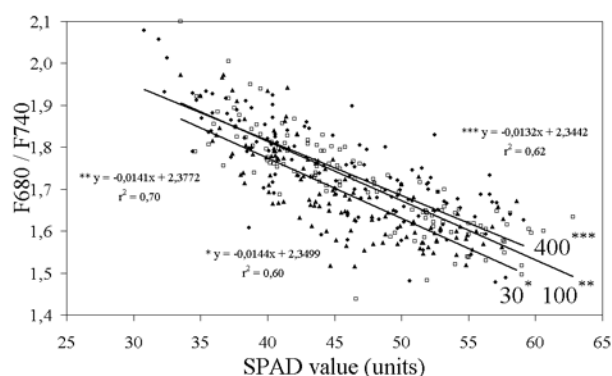


Figure 5: Chlorophyll fluorescence ratio F_{680}/F_{740} as affected by the chlorophyll content (SPAD value) and light intensity. The number at each regression line represents the light intensity (in $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Our work showed that even at low light intensity (30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) the fluorescence ratio F_{680}/F_{740} was well correlated with the chlorophyll content (SPAD value) (Figure 5) and can be used for the remote estimation of the chlorophyll content of wheat plants. This behaviour will permit that the laser-induced chlorophyll fluorescence system can operate under different light conditions with the same accuracy, even at low light intensities, like at dawn and dusk.

Table 3: Chlorophyll meter reading (SPAD value), chlorophyll fluorescence intensity at 680 nm and 740 nm and fluorescence ratio F680/F740 of wheat plants at the 9-leaf-stage as affected by light intensity

Light intensity $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	SPAD	Fluorescence intensity		Fluorescence ratio F680/F740
		680 nm	740 nm	
30	45.7	2813	1664	1.69
100	46.7	2415	1403	1.72
400	45.5	2272	1302	1.74

Effect of air temperature on the chlorophyll fluorescence intensity and fluorescence ratio F680/F740

The fluorescence ratio F680/F740 was little affected by air temperature, in spite of great variations in the fluorescence yield at 680 nm and 740 nm between wheat plants grown under different air temperatures.

The chlorophyll fluorescence intensity of the 680 nm and 740 nm bands increased as the air temperature decreased (Figure 6). The fluorescence intensity at 680 nm was about 34% higher and at 740 nm about 37% higher at 15°C than at 25°C (Table 4). The increase in total fluorescence intensity with a decreasing leaf temperature can be due to a lowering of the fluidity of the thylakoid membranes, which inhibits the reoxidation of plastoquinones, thus leading to a reduction in the electron transport rate and to an increase in the total fluorescence yield.

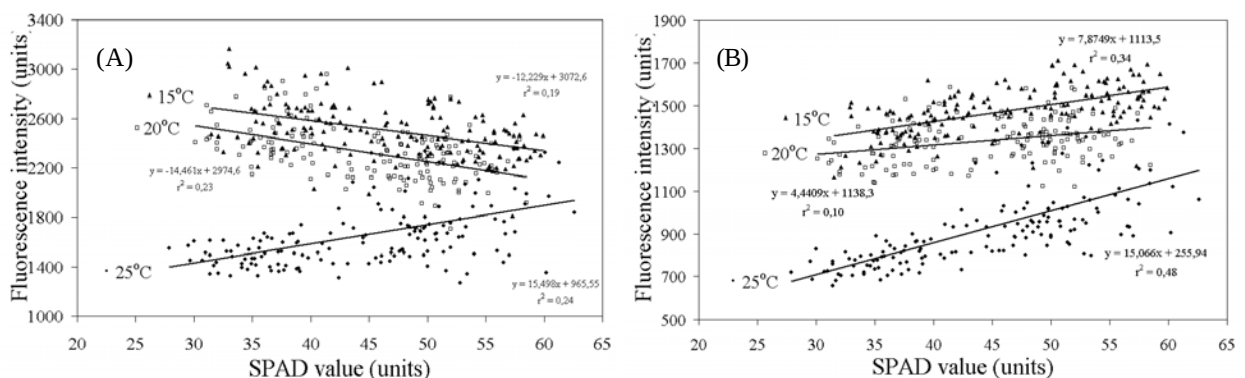


Figure 6: Chlorophyll fluorescence intensity at 680 nm (A) and 740 nm (B) at the 8-leaf-stage as affected by chlorophyll content (SPAD value) and air temperature.

The fluorescence ratio F680/F740, on the other hand, was less affected by the air temperature than was the fluorescence intensity of single bands (Figure 7). Since the increase in fluorescence yield with decreasing the air temperature was larger in the 730 nm fluorescence band than in the 680 nm one, a decrease in the fluorescence ratio F680/F730 from 1.80 to 1.70 (mean values) with a decrease in the air temperature from 25°C to 15°C was observed (Table 4). The fluorescence ratio F680/F740 at 25°C was only about 6% higher than at 15°C, in spite of the great variation on the fluorescence intensity at 680 nm and 740 nm.

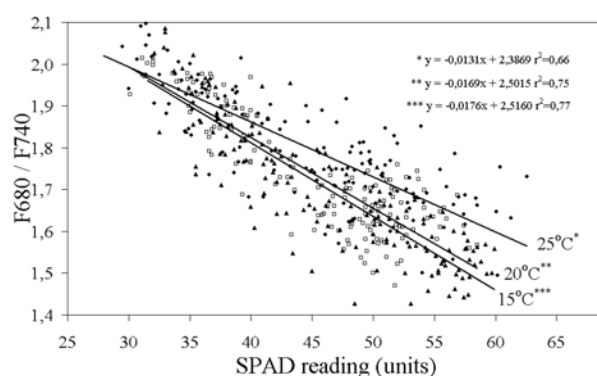


Figure 7: Chlorophyll fluorescence ratio F680/F740 as affected by the chlorophyll content (SPAD value) and air temperature.

Table 4: Chlorophyll meter reading (SPAD value), chlorophyll fluorescence intensity at 680 nm and 740 nm and fluorescence ratio F680/F740 of wheat plants at the 8-leaf-stage as affected by air temperature

Air temperature ⁽¹⁾ °C	SPAD	Fluorescence intensity		Fluorescence ratio F680/F740
		680 nm	740 nm	
15	46.2	2506	1477	1.70
20	45.1	2320	1338	1.74
25	44.6	1652	925	1.80

⁽¹⁾ The plants were grown at 18°C air temperature and 3 hours before the measurements were made the air temperature was changed to the desirable value.

CONCLUSIONS

The ratio F680/F740 is inversely related to the chlorophyll content. Taking into account that a positive correlation between leaf chlorophyll and N content exists, the use of this method in remote sensing systems will permit to monitor on-line the spatial variation of the N-status of plants and to control the amount of N fertilizer being applied. So far, the results are showing that the fluorescence ratio is little sensitive to air temperature and light intensity. Thus, it is expected that this system can be operated under nearly all weather situations with the same accuracy.

REFERENCES

- Ercoli, L., Mariotti, M., Masoni, A., Massantini, F. Relationship between nitrogen and chlorophyll content and spectral properties in maize leaves. **European Journal of Agronomy**, v.2, p.113-117, 1993.
- Heisel, F., Sowinska, M., Miehe, J.A., Lang, M. et al. Detection of nutrient deficiencies of maize by laser induced fluorescence imaging. **Journal of Plant Physiology**, v.148, p.622-631, 1996.

Kharuk, V.I., Morgun, V.N., Rock, B.N., Williams, D.L. Chlorophyll fluorescence and delayed fluorescence as potential tools in remote sensing: a reflection of some aspects of problems in comparative analysis. **Remote Sensing of Environment**, v.47, p.98-105, 1994.

Koizumi, M., Takahashi, K., Mineuchi, K., Nakamura, T., Kano, H. Light gradients and the transverse distribution of chlorophyll fluorescence in mangrove and *Camellia* leaves. **Annals of Botany**, v.81, p.527-533, 1998.

Lang, M., Lichtenthaler, H.K., Sowinska, M., Summ, P. et al. Blue, green and red fluorescence signatures and images of tobacco leaves. **Botanica Acta**, v.107, p.230-236, 1994.

Lichtenthaler, H.K., Rinderle, U. The role of chlorophyll fluorescence in the detection of stress conditions in plants. **CRC Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v.19 (Suppl. 1), p.29-85, 1988.

Minolta Camera Co. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Minolta Camera Co., Osaka, Japan, 1989.

Schweiger, J., Lang, M., Lichtenthaler, H.K. Differences in fluorescence excitation spectra of leaves between stressed and non-stressed plants. **Journal of Plant Physiology**, v.148, p.536-547, 1996.

Probenteilung mittels Rotationsprobenteiler

Kotowski, Ursula (Bonn)¹; Nonn, Harald; Rieß, Peter; Schlosser, Michael:

Einleitung

Der entscheidende Schritt im Untersuchungsablauf von Düngemitteln ist die Gewinnung einer repräsentativen Laborprobe. Von herausragender Bedeutung ist dies bei Düngemitteln, die sich aus verschiedenen Einzelkomponenten zusammensetzen („Mischdünger“).

Für die Gewinnung von Laborproben aus Endproben können grundsätzlich folgende Verfahren verwendet werden: Schüttkegel, Riffelteiler, Rotorteiler.

Rotorteiler gelten allgemein als zuverlässig. Die Untersuchungen hatten zum Ziel, die Zuverlässigkeit des Rotorteilers zu überprüfen.

Durchführung

Der Teilungsvorgang selbst läuft automatisch ab. Das Teilgut fließt über eine Rinne durch einen dezentral angeordneten Aufgabetrichter direkt in die Öffnungen der Teilkrone, die sich mit konstanter Geschwindigkeit dreht. Das Aufgabegut soll eine Korngröße von 10 mm nicht überschreiten, die Probe wird in 8 Teilmengen geteilt.

Um die Teilungsgenauigkeit des Rotorteilers zu ermitteln, wurden Glaskugeln, Mischungen aus Glaskugeln mit Düngemitteln; Harnstoff, Mischungen aus Harnstoff mit Sojaschrot bei unterschiedlichen Frequenzen und bei Verwendung einer flachen bzw. dreieckförmigen Vibrationsrinne geteilt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Teilung einer Mischung aus Glaskugeln mit Düngemitteln bei zwei Frequenzen unter Verwendung von einer flachen (Tab. 1-3) bzw. einer dreieckigen Rinne (Tab. 4-6) sind in den nachstehenden Tabellen aufgeführt.

¹ eMail: Ursula.kotowski@gmx.de

Verteilung einer Mischung von Glaskugeln mit granuliertem Düngemittel (0,5-1,2mm) *flache Vibrationsrinne*

Tab. 1

Glaskugeln (GK): 60g

Düngemittel (DM): 300g

Frequenz:	40				80			
	GK Menge		DM	Masse	GK Menge		DM	Masse
Probe Nr.	St./Probe	Gewicht (g)	300 (g)	DM+GK	St./Probe	Gewicht (g)	300 (g)	DM+GK
1	75	7,58	37,57	45,15	74	7,53	36,88	44,42
2	71	6,68	37,67	44,35	72	7,02	38,14	45,16
3	73	7,53	37,34	44,87	70	7,08	37,59	44,67
4	78	8,12	37,26	45,39	71	6,98	37,30	44,28
5	72	7,62	37,63	45,25	82	8,58	38,09	46,66
6	76	7,80	37,78	45,58	75	7,69	37,11	44,80
7	78	7,95	37,35	45,30	78	8,22	36,52	44,75
8	66	6,74	37,41	44,15	67	6,92	38,38	45,29
Summe	589	60,02	300,01	360,03	589	60,02	300,00	360,02

Tab. 2

Glaskugeln (GK): 90g

Düngemittel (DM): 300g

Frequenz:	40				80			
	GK Menge		DM	Masse	GK Menge		DM	Masse
Probe Nr.	St./Probe	Gewicht (g)	300 (g)	DM+GK	St./Probe	Gewicht (g)	300 (g)	DM+GK
1	117	11,99	37,20	49,19	111	11,38	36,91	48,28
2	103	10,44	37,38	47,82	102	11,19	37,51	48,70
3	105	10,51	37,39	47,91	119	11,89	37,46	49,35
4	115	11,61	37,40	49,01	113	11,14	37,47	48,60
5	104	10,18	37,51	47,69	100	10,35	38,28	48,63
6	94	9,53	37,95	47,49	123	11,30	38,07	49,37
7	126	12,77	37,53	50,30	113	11,45	37,39	48,84
8	127	12,98	37,66	50,64	110	11,32	36,96	48,27
Summe	891	90,02	300,02	390,04	891	90,01	300,03	390,03

Tab. 3

Glaskugeln (GK): 120g

Düngemittel (DM): 300g

Frequenz:	40				80			
	GK Menge		DM	Masse	GK Menge		DM	Masse
Probe Nr.	St./Probe	Gewicht (g)	300 (g)	DM+GK	St./Probe	Gewicht (g)	300 (g)	DM+GK
1	148	14,40	37,24	51,64	148	14,90	37,66	52,55
2	142	14,39	37,55	51,93	144	14,53	37,21	51,73
3	136	13,61	37,31	50,92	154	15,35	37,66	53,01
4	160	16,38	37,43	53,81	158	15,84	37,38	53,22
5	151	15,49	37,26	52,75	145	14,94	37,56	52,50
6	146	14,67	38,06	52,74	134	13,50	37,54	51,04
7	169	17,39	37,81	55,20	163	16,58	37,26	53,84
8	136	13,69	37,41	51,10	142	14,39	37,79	52,18
Summe	1188	120,01	300,07	420,08	1188	120,01	300,05	420,06

dreieckige Vibrationsrinne**Tab. 4**

Glaskugeln (GK): 60g

Düngemittel (DM): 300g

Frequenz:	40				80			
	GK Menge		DM	Masse	GK Menge		DM	Masse
Probe Nr.	St./Probe	Gewicht (g)	300 (g)	DM+GK	St./Probe	Gewicht (g)	300 (g)	DM+GK
1	80	7,89	37,72	45,62	65	6,45	36,80	43,25
2	67	6,98	37,20	44,17	79	7,49	37,13	44,62
3	78	8,32	37,10	45,42	82	8,55	37,37	45,92
4	75	7,55	37,14	44,69	83	8,77	39,45	48,21
5	74	7,68	37,84	45,52	66	6,88	38,06	44,94
6	64	6,78	37,52	44,30	74	7,51	37,80	45,31
7	78	8,02	37,66	45,67	71	7,42	36,61	44,04
8	73	6,84	37,91	44,74	69	6,95	36,80	43,75
Summe	589	60,05	300,07	360,12	589	60,00	300,02	360,03

Tab. 5

Glaskugeln (GK): 90g

Düngemittel (DM): 300g

Frequenz:	40				80			
	GK Menge		DM	Masse	GK Menge		DM	Masse
Probe Nr.	St./Probe	Gewicht (g)	300 (g)	DM+GK	St./Probe	Gewicht (g)	300 (g)	DM+GK
1	108	10,82	37,70	48,52	110	10,96	37,39	48,35
2	110	10,94	37,68	48,61	112	11,52	37,68	49,19
3	104	10,54	37,73	48,27	99	10,04	37,96	48,00
4	119	12,57	37,19	49,76	121	12,36	37,05	49,40
5	126	12,55	37,47	50,01	110	11,09	37,82	48,92
6	102	10,07	37,30	47,37	107	10,59	37,73	48,32
7	129	12,73	37,09	49,82	117	11,68	37,15	48,83
8	93	9,80	37,85	47,65	115	11,76	37,23	48,99
Summe	891	90,01	300,01	390,01	891	90,00	300,00	390,00

Tab. 6

Glaskugeln (GK): 120g

Düngemittel (DM): 300g

Frequenz:	40				80			
	GK Menge		DM	Masse	GK Menge		DM	Masse
Probe Nr.	St./Probe	Gewicht (g)	300 (g)	DM+GK	St./Probe	Gewicht (g)	300 (g)	DM+GK
1	166	16,53	36,87	53,40	159	16,06	37,53	53,59
2	146	14,70	37,33	52,03	131	13,24	38,31	51,55
3	154	15,45	37,41	52,85	159	15,93	36,59	52,52
4	149	15,15	37,59	52,74	169	17,30	36,53	53,82
5	136	13,63	37,84	51,47	147	14,74	38,08	52,82
6	153	15,32	37,79	53,11	143	14,34	37,45	51,79
7	136	14,01	37,65	51,65	134	13,63	37,82	51,45
8	148	15,22	37,54	52,76	146	14,78	37,73	52,50
Summe	1188	120,00	300,01	420,01	1188	120,02	300,03	420,04

Weitere Untersuchungsergebnisse sind in der Tabelle 7 zusammengefaßt.

Tab. 7

Verteilung:	Teilungs- verfahren	Geteilte Menge	
		minimal	maximal
Glaskugel (160 St.)	1	15 St.	28 St.
	2	12 St.	31 St.
	3	13 St.	34 St.
Glaskugel / Dünger (160 St. / 800g)	1	15St. / 97,29g	29St. / 103,16g
	2	18St. / 94,64g	24St. / 106,71g
	3	13St. / 97,79g	24St. / 102,08g
Glaskugel (298St.)	langsam (0)	29 St.	48 St.
	schneller (20)	25 St.	47 St.
	schnell (40)	30 St.	47 St.
Glaskugel / Dünger (293St. / 300g)	langsam (0)	28St. / 35,90g	42St. / 39,87g
	schneller (20)	26St. / 36,65g	48St. / 38,64g
	schnell (40)	25St. / 36,51g	45St. / 38,36g
Glaskugel / Dünger (302St. / 300g)	langsam (30)	20St. / 36,93g	53St. / 37,94g
	schneller (60)	25St. / 37,24g	43St. / 37,94g
	schnell (100)	32St. / 36,49g	46St. / 38,82g
Harnstoff (60g)	langsam (40)	7,32g	7,93g
	schnell (80)	7,15g	7,72g
Harnstoff (120g)	langsam (40)	14,67g	15,39g
	schnell (80)	14,62g	15,63g
	<u>flache Rinne</u>		
Harnstoff / Sojaschrot (60g / 300g)	langsam (40)	7,364g / 36,95g	7,707g / 37,91g
	schnell (80)	7,237g / 37,10g	7,823g / 37,94g
Harnstoff / Sojaschrot (120g / 300g)	langsam (40)	14,103g / 37,09g	15,772g / 37,76g
	schnell (80)	14,521g / 37,23g	15,397g / 37,73g
	<u>dreieckige Rinne</u>		
Harnstoff / Sojaschrot (60g / 300g)	langsam (40)	7,418g / 37,22g	7,858g / 37,98g
	schnell (80)	7,243g / 36,75g	7,802g / 37,85g
Harnstoff / Sojaschrot (120g / 300g)	langsam (40)	14,292g / 37,01g	15,428g / 37,93g
	schnell (80)	14,512g / 37,05g	15,395g / 37,97g

Fazit

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass auch bei der Anwendung eines Rotorteilers mit Teilungsfehlern zu rechnen ist. Das Teilungsergebnis ist von folgenden Faktoren abhängig: Habitus, Menge, Dichte und Homogenität des Feststoffes sowie Frequenz und Form der Vibrationsrinne.

Einmaliges Teilen führt häufig zu einem nicht repräsentativen Ergebnis. Den Teilungsfehler kann man in schwierigen Fällen reduzieren, indem nach folgendem Schema verfahren wird:

Z.B. 1 kg Endprobe wird in 8 Teilproben a 125 g geteilt. Davon werden 3 zufällig ausgewählte Teilmuster, z.B. 2, 4, 6 gemischt und anschließend noch mal geteilt.

Biologische Abbaubarkeit von Hüllsubstanzen

Kotowski, Ursula (Bonn)¹; Nonn, Harald; Rieß, Peter; Schlosser, Michael

Hüllsubstanzen von Düngemitteln sollen möglichst mittelfristig ohne ökotoxikologische Wirkungen im Boden abgebaut werden.

Zur Überprüfung der Abbaubarkeit von Hüllsubstanzen gibt es zur Zeit keine Methode. Der Sach-stand einer von uns entwickelten Methode wird hier vorgestellt.

BIOLOGISCHE ABBAUBARKEIT

1. Zweck und Anwendungsbereich

Die Methode dient zur Prüfung der biologischen Abbaubarkeit von potenziellen oder bereits angewandten Hüllsubstanzen mittels eines Laborverfahrens unter realitätsnahen Bedingungen.

2. Prinzip

Prinzipiell beruht die Methode auf der Bestimmung des erfolgten Gewichtsverlustes der Hüllsubstanz in einem biologisch aktiven Erdsubstrat (*Terracur*[®]) nach bestimmten Zeitintervallen unter definierten Bedingungen.

3. Reagenzien

3.1 Deionisiertes Wasser

3.2 Erdsubstrat *Terracur*[®]

4. Geräte

- 4.1 Kristallisiergefäß (100ml)
- 4.2 Spritzflasche
- 4.3 Pinsel
- 4.4 Glasstab
- 4.5 Feinperforierte Polyethylen-Folie (PE-Folie)
- 4.6 Kabelbinder
- 4.7 Plastikbehälter (1000ml), hohe Form
- 4.8 Thermometer (100° C)
- 4.9 Entwicklerschale (10 l)
- 4.10 Glasgefäß (50 x 29 x 23,5 cm)
- 4.11 Brutschrank
- 4.12 Gefriertrockner
- 4.13 Luftkompressor
- 4.14 Polyethylen-Rohr (PE-Rohr)
- 4.15 Aluminiumschale (300 ml), flach

¹ eMail: Ursula.kotowski@gmx.de

5. Durchführung

Das Erds substrat *Terracur*[®] (3.2) wird auf einer Entwicklerschale (4.9) mit Wasser auf ca. 50-55% Trockenmasse (8.2) eingestellt. 2,50 g gefriergetrocknete (4.12) Hüllsubstanzprobe (8.1, 8.7) wird mit 3,5 g feuchtes *Terracur*[®] in einem Kristallisiergefäß (4.1) unter Verwendung eines Glasstabes (4.4) und mit Zugabe von 2 bis 4 Tropfen Wasser (3.1) aus der Spritzflasche (4.2) vorsichtig vermischt und auf eine zuvor getrocknete und gewogene feinperforierte PE-Folie (10x10 cm) (4.5) mit Hilfe eines Pinsels aufgetragen (4.7). Die Folie mit Inhalt wird in Form eines Säckchen (8.3) mit einem Kabelbinder (4.6) zusammengebunden. Die Säckchen werden anschließend schichtweise mit feuchtem *Terracur*[®] in fünf Plastikbehälter (4.7) gelegt und die Plastikbehälter (8.4) gewogen. Danach werden sie in ein größeres, viereckiges, 1 l deionisiertes Wasser (3.1) enthaltendes Glasgefäß (4.10) gebracht, mit einem Deckel zugedeckt und in einem auf 37° C (4.8) aufgestellten Brutschrank (4.11) gestellt. In einwöchigen Abständen werden die Plastikbehälter aus dem Glasgefäß entnommen, mit Luft (4.13) über ein PE-Rohr (4.14) belüftet (8.5), gewogen und das verdampfte Wasser ergänzt (8.6). Alle 2 Monate wird eines der fünf Plastikgefäße untersucht, die Säckchen daraus entnommen, sorgfältig abgepinselt (4.3), geöffnet, auf einer Aluminiumschale (4.15) gelegt, gefriergetrocknet (4.12) und gewogen.

6. Berechnung

Relativer Abbaugrad der Hüllsubstanz (RA, % w/w) wird nach folgender Formel berechnet:

6.1 Berechnung des *Terracur*[®]-Gewichts gefriergetrocknet (Tg, g):

$$T_g = \frac{WG \times T}{100}$$

6.2 Berechnung des Gewichtsverlusts der Hüllsubstanz:

$$GS_1 = S_1 + T_g + F \quad \Rightarrow \quad S_1 = GS_1 - T_g - F$$

GS₁ = Gewicht des Säckchens vor dem Versuch (g)
 S₁ = Masse der Hüllsubstanz vor dem Versuch (Einwaage, g)
 T_g = Masse von gefriergetrocknetem *Terracur*[®] (g)
 F = Gewicht der Folie (g)

$$GS_2 = S_2 + T_g + F \quad \Rightarrow \quad S_2 = GS_2 - T_g - F$$

GS₂ = Gewicht des Säckchens nach dem Versuch (g)
 S₂ = Masse der Hüllsubstanz nach dem Versuch (g)

$$RA = \frac{(S_1 - S_2) \times 100}{S_1}$$

7. Angaben zur Statistik

keine

8. Bemerkungen

8.1 Die Hüllsubstanz sollte zerkleinert werden (mahlen, zerreiben).

8.2 Die Restfeuchtigkeit des Erdsubstrates muß nach dem Gefriertrocknen bestimmt werden.

8.3 Die feinperforierte PE-Folie kann durch Säckchen der Marke *Fibre BAG* oder Behälter *Fibre CAP* der Firma G. Gerhardt GmbH&Co.KG Bonn ersetzt werden.

8.4 Die Plastikbehälter können durch Dewargefäße ersetzt werden.

8.5 Das PE-Rohr wurde wie folgt angefertigt: Ein PE-Rohr (Länge 40cm, $\phi=1\text{cm}$) wird an mehreren Stellen in regelmäßigen Abständen (1,5 cm) durchbohrt ($\phi=1\text{-}2\text{mm}$). Die untere Öffnung des Rohres wird mit Gummistöpsel verschlossen.

8.6 Wasserergänzung in regelmäßigen Zeitabständen sichert konstante Feuchtigkeit der Proben.

8.7 Um die Hüllsubstanz aus dem Düngemittel zu gewinnen, kann in manchen Fällen ein Backenbrecher verwendet werden.

9. Literatur

9.1 DIN V 54900

10. Untersuchungsergebnisse

Um die Methode zu prüfen, wurden in einer Versuchsserie 3 Gruppen von Substanzen auf ihre Abbaubarkeit untersucht.

Gruppe 1: Glucose, Hornspäne, Bienenwachs;

Gruppe 2: Zwei unbekannte marktgängige Hüllsubstanzen: Unbekannt 1 und Unbekannt 2.;

Gruppe 3: Polyurethan (PU) gemahlen und Polyethylen-Späne (PE-Späne).

Die Substanzen weisen ein stark unterschiedliches Verhalten in Bezug auf ihre Fähigkeit zur Abbaubarkeit unter den beschriebenen Bedingungen auf.

In der 1. Gruppe wurde Glucose zu 100% (während der ersten 3 Monate); Hornspäne zu 57,5% (nach 3 Monaten) bzw. zu 90,3% nach 12 Monaten und Bienenwachs zu 65% (nach 3 Monaten) bzw. zu 73% nach 12 Monaten abgebaut.

Die Abbaubarkeit in der 2. Gruppe verlief wie folgt: Unbekannt 1 entsprechend zu 21,5%

(3 Monate) bzw. zu 40,6% nach 12 Monaten und Unbekannt 2 zu 7,6% (3 Monate) bzw. zu 12,8% (12 Monate).

Die Substanzen der 3. Gruppe (Kunststoffe) weisen keine bzw. nur eine geringfügige Abbaubarkeit (PU gemahlen: 2,0% bzw. zu 6,1%) auf.

Hüllgradbestimmungsmethode

Kotowski, Ursula (Bonn)¹; Nonn, Harald; Rieß, Peter; Schlosser, Michael

Nach der Düngemittelverordnung gibt es folgende Düngemitteltypen: mineralische Einnährstoff- und Mehrnährstoffdünger, organische und organisch-mineralische Düngemittel sowie Düngemittel mit Spurennährstoffen.

Das ganze Düngemittel, Teile von ihm oder Anteile seiner Nährstoffe können dabei zum Zwecke einer gesteuerten Nährstofffreisetzung umhüllt oder teilweise umhüllt sein.

Positive Nebeneffekte sind dabei deutlich geringere Auswaschungsverluste und damit eine niedrigere Grundwasserbelastungen sowie ein weiter Ausbringungszyklus. Als Langzeitdünger bezeichnet man Düngemittel, deren Nährstofffreisetzung gegenüber üblichen Mineraldüngern verlangsamt ist. Eine Langzeitwirkung der Nährstofffreisetzung kann mit Hilfe organischer Düngemittel, chemischer Derivate (Kondensate) von Düngemitteln, der Mahlfineinheit und durch Umhüllung erzielt werden.

Zurzeit gibt es keine umfassende Methode, mit der der Anteil des umhüllten Düngemittels bzw. der Anteil des umhüllten Nährstoffanteils eines Düngemittels bestimmt werden kann. Ein Vorschlag für eine solche Methode wird hier vorgestellt:

HÜLLGRADBESTIMMUNGSMETHODE

1. Zweck und Anwendungsbereich

Die Methode dient zur Bestimmung des Umhüllungsgrades (8.8) von Düngemitteln. Sie ist in der beschriebenen Ausführungsart für wachs-, fett-, schwefel- und kunststoffumhüllte Düngemittel anwendbar.

2. Prinzip

Die Bestimmung des umhüllten und nicht umhüllten Anteils des Düngemittels basiert grundsätzlich auf der unterschiedlichen Zerfallsneigung bzw. Wasserlöslichkeit der nicht umhüllten Bestandteile eines Düngemittels im Vergleich zu den umhüllten. Die in kurzer Zeit zerfallenen und in Lösung gegangenen Granalien werden (nach manueller Auslese) als nicht umhüllt, die ungelöst zurückgebliebenen Granalien als umhüllt definiert.

3. Reagenzien

3.1 Deionisiertes Wasser

¹ eMail: Ursula.kotowski@gmx.de

4. Geräte

Becherglas (V: 1000 ml)

4.2 Becherglas (V: 500 ml)

4.3 Magnetrührer mit Rührfisch (35 x 7 mm – rund)

4.4 Trockenschrank

4.5 Meßkolben (V: 1000 ml)

4.6 Trichter

4.7 Glasstab

4.8 Mullkompresse (10 x 10 cm, z.B. No. 401825/6 – Hartmann AG)

4.9 Faltenfilter (z.B. S & S 595 ½)

4.10 Spritzflasche

4.11 Windsichter

4.12 Sieb

4.13 Lupe (Mindestvergrößerung: 5 x)

4.14 Aluminiumschale (V: 1000 ml), flach

4.15 Stoppuhr

5. Durchführung

50 g repräsentative Düngemittelproben (8.3) werden in einem zuvor bei 70°C getrockneten und gewogenen Gazebeutel (Mullkompresse 10x10 cm) (4.8, 8.9) gefüllt (8.7), auf einem Glasstab (4.7) aufgehängt und in ein 1000 ml, 600 ml deionisiertes Wassers enthaltenes Becherglas (4.1) getaucht (8.4). Mit einem Magnetrührer (4.3) und einem Rührfisch wird der Becherglasinhalt 60 min (4.15) bei 400 upm gerührt. Danach wird der Gazebeutel in ein 500-ml-Becherglas (4.2) gelegt, mit 250 ml deionisiertem Wasser aus der Spritzflasche (4.10) abgespült, leicht ausgedrückt, auf eine Aluminiumschale (4.14) ausgelegt und anschließend in einem Trockenschrank (4.4) bei 70° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die Becherglasinhalte werden über ein Faltenfilter (4.6, 4.9) in einen 1000-ml-Meßkolben (4.5) überführt und mit Wasser bis zur Marke aufgefüllt. Das Filtrat kann auf gelöste Nährstoffe (8.2) untersucht werden. Der getrocknete Gazebeutel wird gewogen, die nicht umhüllten Anteile werden mittels Windsichter (4.11) oder Sieb (4.12) und anschließend manuell (4.13) von den umhüllten getrennt (8.5). Der Inhalt des Gazebeutels kann nach dem Vermahlen untersucht werden (8.6). Grundsätzlich ist eine Ausgangsprobe des Düngemittels auf seine Inhaltsstoffe zu untersuchen (8.1). Die Bestimmung des Hüllgrades erfolgt in der Regel durch zwei Wiederholungen (8.10). Die Differenzen zwischen zwei Wiederholungen sollen nicht größer sein als: 3% absolut unterhalb eines Umhüllungsgrades von 30%, 10% relativ im Bereich von 30% bis 50% und 5% absolut oberhalb eines Umhüllungsgrades von 50%.

6. Berechnung

6.1 Der Hüllgrad des Düngemittels (HG_D), ausgedrückt in g/100g (% w/w), wird nach folgender Formel berechnet:

$$HG_D = \frac{M_{GB} - M_{MK}}{M_D} \times 100$$

M_{GB} = Masse des Gazebeutels mit Rückstand (g)

M_{MK} = Masse der Mullkompressen (g)

M_D = Masse der Düngemittelprobe (g)

Masse der umhüllten Granalien des Düngemittels (g):

$$M_{UG} = M_D \times HG_D$$

M_{UG} = Masse des umhüllten Teils des Düngemittels (g, umhüllte Granalien)

Masse der nicht umhüllten Granalien (g/100g):

$$M_{NU} = 100 - M_{UG}$$

6.2 Masse eines Nährstoffes (A_{UN}) in umhüllten Granalien des Düngemittels (g):

$$A_{UN} = M_D \times HG_{Nst.} \times G_{UN} = M_{UG} \times G_{UN}$$

G_{UN} = Gehalt eines Nährstoffes in umhüllten Granalien des Düngemittels (%)

6.3 Hüllgrad der Nährstoffe $HG_{Nst.}$ (für N, P, K, Mg) (%):

$$HG_{Nst.} = \frac{N_G - N_{NU}}{N_G} \times 100 = \frac{N_U}{N_G} \times 100$$

N_U = Nährstoff umhüllt (%)

N_{NU} = Nährstoff nicht umhüllt (%)

N_G = Nährstoff gesamt (%)

Masse der umhüllten Nährstoffe $M_{UNst.}$ (g/100g):

$$M_{UNst.} = \frac{N_U}{N_G} \times 100 = \frac{M_{UG}}{M_D} \times N_K$$

N_K = Nährstoffkonzentration im Düngemittel

Masse der nicht umhüllten Nährstoffe $M_{NUNst.}$ (g/100g):

$$M_{NUNst.} = \frac{N_{NU}}{N_G} \times 100$$

Umrechnungsfaktor für P, K, Mg in Oxidform.

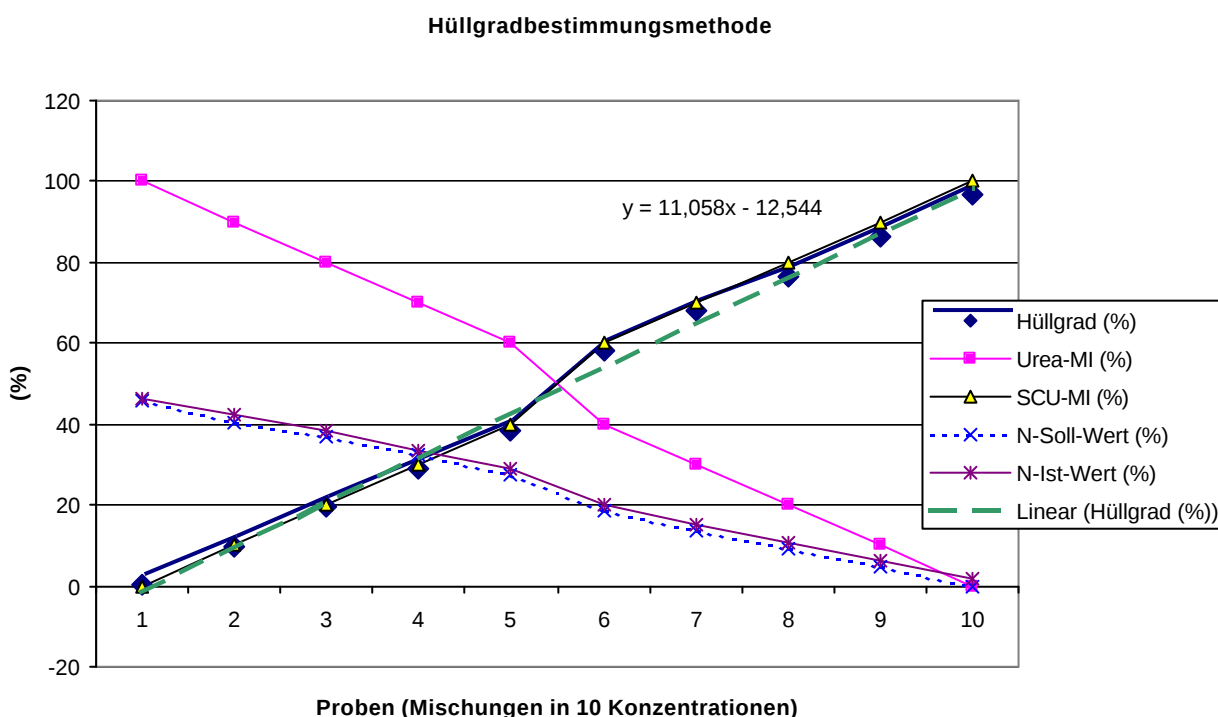
$$P/P_2O_5 = 2,29$$

$$K/K_2O = 1,2$$

$$Mg/MgO = 1,66$$

7. Angaben zur Statistik

Um die Methode zu validieren, wurden aus einem schwefelumhüllten Düngemittel (Granulatgröße 0,8 bis 1,6 mm) und einem nicht umhüllten Harnstoff für statistische Zwecke Mischungen in 10 verschiedenen Konzentrationen hergestellt und jede Mischungsvariante in 7-facher Wiederholung untersucht.



Die Hüllgradbestimmung erfolgt grundsätzlich durch zwei Wiederholungen. Differenzen, die zwischen den Wiederholungen auftreten können, sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Düngemittel	Umhüllungsgrad (%)		Differenz (%)	
	Probe I	Probe II	absolut	Anforderung
"Mischdünger" 1	39,68	38,51	1,17	10 % relativ
"Mischdünger" 2	64,44	64,29	0,15	5% absolut
"Mischdünger" 3	22,79	20,99	1,80	3% absolut
kunststoffumhüllt 1	98,94	98,91	0,03	5% absolut
kunststoffumhüllt 2	35,70	35,59	0,10	10 % relativ
kunststoffumhüllt 3	32,99	32,74	0,25	10 % relativ
kunststoffumhüllt 4	29,45	28,25	1,20	3% absolut
kunststoffumhüllt 5	45,25	44,32	0,93	10 % relativ

kunststoffumhüllt 6	95,54	95,45	0,09	5% absolut
schwefelumhüllt 1	94,60	93,23	1,37	5% absolut
schwefelumhüllt 2	96,73	96,64	0,09	5% absolut
schwefelumhüllt 3	94,82	94,07	0,75	5% absolut

8. Bemerkungen

- 8.1 Ausgangsprobe auf seine Inhaltsstoffe untersuchen.
- 8.2 Freigesetzte Nährstoffe im Filtrat bestimmen.
- 8.3 Inhomogene Düngemittel mittels Probenteiler teilen.
- 8.4 Bei Düngemitteln mit einer Korngröße < 0,5 mm mit wasserabweisender Hülle ist darauf zu achten, dass die Granalien in Wasser eintauchen.
- 8.5 Düngemittelrückstand prüfen, beschädigte Hülle und nicht umhüllte Anteile mit Hilfe eines Windsichters oder eines Siebes trennen, anschließend manuell auslesen.
- 8.6 Inhalt des Gazebeutels nach Vermahlen auf Nährstoffe untersuchen.
- 8.7 Bei Düngemitteln mit einer Korngröße von < 0,5 mm doppelte Gaze verwenden.
- 8.8 Unter Umhüllungsgrad wird der umhüllte Nährstoff incl. Hüllsubstanz verstanden.
- 8.9 Anstatt der Mullkompressen kann man die Säckchen der Marke *Fibre BAG* oder Behälter *Fibre CAP* der Firma G. Gerhardt GmbH&Co. KG anwenden.
- 8.10 Die Bestimmung des Umhüllungsgrades soll in zwei parallelen Proben durchgeführt werden.

9. Literatur

- 9.1 CEN prEN 13266, Slow release Fertilizers
- 9.2 Czikkely, V.; persönliche Mitteilung
- 9.3 VD LUFA; Methodenbuch Bd. II, Methode 9.36, 1973
- 9.4 Kluge, G.; Embert G.; Das Düngemittelrecht, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hilberg

Fazit

Eine Methode zur Hüllgradbestimmung soll einfach, schnell und kostengünstig sein sowie universell für Wachs, Fett, Schwefel, Kunststoffe und andere Hüllsubstanzen gelten.

Die erarbeitete Methode erfüllt diese Anforderung.

Größe und Bedeutung der in 0,01M Calciumchlorid löslichen, leicht oxidierbaren N- und P-Fractionen im Boden

J. Loch, Debrecen/Ungarn

Im allgemeinen werden zur Charakterisierung des Nährstoffversorgungsgrades der Böden die in verschiedenen Extraktionslösungen löslichen, in anorganischer Form vorliegenden Nährstoffe bestimmt. Diese werden als pflanzenverfügbar bezeichnet. Zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Nährstoffgehaltes der Böden wurde in den letzten Jahrzehnten neben den in Europa allgemein verwendeten Methoden (DL, CAL, AL) immer mehr Aufmerksamkeit den Lösungen mit kleinerem Lösungspotential gewidmet, unter anderem der 0,01M Calciumchlorid Methode nach Houba und Mitarbeiter (1986).

Im 0,01 M Calciumchlorid Extrakt ist sowohl der pH Wert, als auch die verschiedenen N-Formen, sowie weitere Makronährstoffe und einzelne Mikronährstoffe gut meßbar. Über die Brauchbarkeit der Methode zur pH-, K- und Mg-Bestimmung wurde aufgrund vergleichender Analysen berichtet (FOTYMA et al., 1998; BAIER and BAIEROVA, 1998; LOCH et al., 1998 LOCH – JASZBERENYI 1999).

In den Arbeiten von NEMETH und Mitarbeiter wurde schon im Laufe der 80iger Jahre auf die Bedeutung des mittels EUF bestimmten, löslichen, leicht oxidierbaren Bodenstickstoffs hingewiesen. HOUBA et al. (1986) haben aufgrund vergleichender Untersuchungen eine enge Korrelation zwischen den in 0,01M Calciumchlorid löslichen und EUF Stickstoff-fractionen festgestellt. KULCSAR UND JASZBERENYI haben diese Korrelationen auf ungarischen Böden bestätigt. Die in 0,01M Calciumchlorid löslichen N-Fractionen sind mengenmäßig kleiner, stehen aber ebenso, wie die EUF-Werte mit den zugefügten Düngemengen in enger Beziehung.

Analysen von Bodenproben langjähriger Düngungsversuche beweisen, daß als Folge der Düngung nicht nur die anorganischen leicht löslichen Stickstoff- und Phosphatfraktionen zunehmen, sondern auch die in 0,01M Calciumchlorid löslichen, organischen Stickstoff- und Phosphatfraktionen. Die organische Stickstofffraktion ist im Skalar Autoanalyser als Differenz der oxidierten und nicht oxidierten N-Formen bestimmbar. Bei Phosphat besteht die Möglichkeit das anorganische Ortophosphat photometrisch, das gesamt lösliche mit ICP zu messen, die Differenz ergibt den organischen Anteil.

Die Größe der organischen Fraktionen ist standortbedingt, ist von den Bodeneigenschaften, wie Humus- und Tongehalt abhängig, sie erreicht bei Stickstoff 10-15% vom gesamt löslichen Anteil, bei Phosphat noch mehr. Aus diesem Grunde ist die organische Fraktion weder aus Sicht der Pflanzenernährung, noch aus Sicht des Umweltschutzes vernachlässigbar. Die Rolle der organischen N-Fraktion konnte in einem langjährigen, mit verschiedenen organische Varianten, auf Sand eingestellten Düngungsversuch nachgewiesen werden. Zwischen dem Kartoffelertrag und der in 0,01M Calciumchlorid löslichen N-org Fraktion besteht eine enge Korrelation. Die Mobilisierbarkeit der N-org Fraktion wurde auch in Bebrütungsversuchen untersucht. Es konnte eine Korrelation zwischen der Norg und den mobilisierten Formen belegt werden.

Simultane, colorimetrische Messung des pH-Wertes bei der Bestimmung von Phosphor im CAL-Auszug

Kießling, Günter (Jena)¹; Neubert, Karl-Heinz

Problemstellung

Die von SCHÜLLER 1969 vorgeschlagene CAL-Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphors und Kaliums sichert im Vergleich zur DL-Methode ein wesentlich höheres Pufferungsvermögen der Extraktionslösung gegen CaCO_3 . Trotzdem kann es in Abhängigkeit von der Reaktivität des Kalkanteils schon ab einem CaCO_3 -Gehalt größer 8 % zu einer deutlichen Anhebung des pH-Wertes der Extraktionslösung und damit zu einer Verringerung der Fähigkeit zur Phosphorextraktion kommen.

Die 2001 modifizierte Fassung der Methode bietet die Möglichkeit, die so zu niedrig bestimmten Phosphorgehalte rechnerisch zu korrigieren. Dies erfolgt über eine den Extraktions-pH-Wert des Auszugs berücksichtigende Funktion.

$$P_{\text{korrigiert}} = P_{\text{gemessen}} \cdot (1 + 0,83 \cdot (\text{pH}_{\text{Filtrat}} - 4,1))$$

Die colorimetrische Bestimmung des pH-Wertes stellt in der Routineanalytik eine Alternative zur in der Methode als Standardverfahren beschriebenen aber sehr aufwändigen potentiometrischen Messung dar.

Lösungsvorschlag

Die colorimetrische Bestimmung des pH-Wertes in CAL-Auszügen beruht auf der Änderung der Extinktion von CAL-Methylrot-Gemischen im Bereich von ca. 540 nm. Dies ist möglich, da der praxisrelevante Messbereich von 4,1 bis 5,6 im Umschlagsbereich des Indikators liegt.

Die Vorteile der colorimetrischen gegenüber einer potentiometrischen pH-Wert-Bestimmung liegen im wesentlichen

- im hohen Probendurchsatz,
- in der guten Automatisierbarkeit und
- in der einfachen Kombination mit der meist colorimetrisch durchgeführten Phosphorbestimmung.

Bei rechentechnisch gestützter Erfassung der Analysenergebnisse kann der korrigierte Phosphorgehalt ohne weiteren Aufwand erhalten werden.

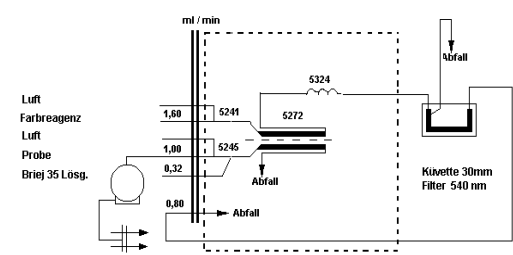
Im folgenden werden die analytischen Parameter dreier verschiedener Verfahren (Continuous-Flow-Analyse, Fließinjektionsanalyse, automatisierte diskontinuierliche Analyse) dargestellt.

¹ eMail: g.kiessling@jena.tll.de

Prinzipschemata verschiedener Endbestimmungsverfahren

Continuous-Flow-Analysator (CFA)

Fließbild mit Bauteilen der Firma SKALAR

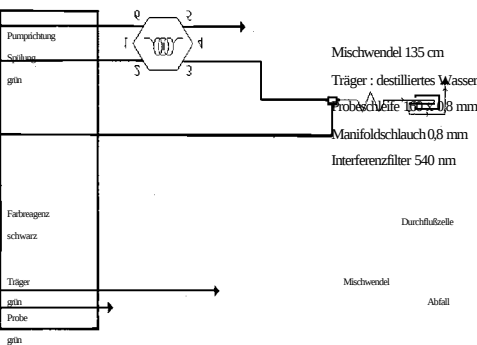


Reagenzien

- Farbreagenz : 100 mg Methylrot in 100 ml Ethanol lösen, davon 2ml und 2ml Brij 35 in einen 1000ml-Masskolben geben und mit dest. Wasser auffüllen.
- Brij 35 Lösung : 2ml Brij 35 auf 1000ml mit dest. Wasser auffüllen.

Fließinjektionsanalysator (FIA)

Fließbild mit Bauteilen der Fa. LACHAT



Reagenzien

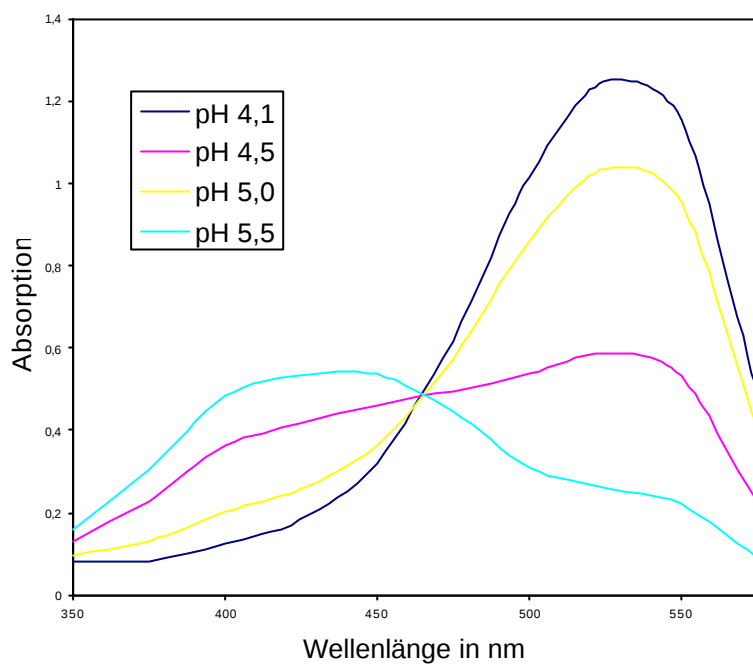
- Farbreagenz: 0,02% ige ethanolische Methylrot- Lösung
- Träger: destilliertes Wasser

diskontinuierlicher Analysator

Analytische Parameter für Autoanalyser EPOS 5060, Fa. EPPENDORF

1	NAME	PH	EPOS-Reagenz 1: destilliertes Wasser
2	EINHEIT	-	
3	METHODEN NR	000	
4	PROBE KANULE	1	EPOS-Reagenz 2: 0,1 %ige ethanolische Methylrot-Lösung.
6	ENDPUNKT	JA	1 g Methylrot in ca. 600 ml Ethanol lösen und mit Wasser auf 1000 ml auffüllen, Lösung vor Gebrauch 1/10 mit Wasser verdünnen
8	INKUBAT SEC	14	
9	VORINKUB SEC	42	
10	TAKT SEC	14	
15	PROBEN-LW	JA	
16	REAGENZ-LW	NEIN	
19	KONSTANTE	0	Standardlösungen:
20	CAL KURVE	JA	CAL- Gebrauchslösung mit 5 N NaOH auf pH-Werte von 4,1; 4,5; 5,0 und 5,5 einstellen
22	SDT 1-KONZ	4,1	
23	SDT 2-KONZ	4,5	
24	SDT 3-KONZ	5,0	
25	SDT 4-KONZ	5,5	
26	SDT 5-KONZ	0	
27	SDT 6-KONZ	0	
30	N * STANDARD	3	Reinigung der Küvetten:
31	N * PROBE	1	Die Küvetten werden 1 mal pro Woche über die Funktion 18 gereinigt (Cleaner-Konzentrat im R1- Gefäß, max. 5 min Einwirkzeit)
32	PROBE µl	83	
33	REAGENZ 1 µl	220	Bemerkungen:
34	REAGENZ 2 µl	25	Kalibration arbeitstäglich wiederholen
35	VERD -GRENZE	10	
36	VERD -AUTO	NEIN	
38	CONTROLLE C1	JA	
39	ABSTAND C1	25	
40	CONTROLLE C2	JA	
41	ABSTAND C2	25	
42	CONTROLLE 3	NEIN	
44	TEMPERATUR °C	25	
45	WELLENLÄNGEN nm	546	
46	ABGLEICH E	0	
48	STD 1	708,9	
49	STD 2	562,6	
50	STD 3	307,7	
51	STD 4	123,7	
52	STD 5	0,0	
53	STD 6	0,0	
54	UNTER-GRENZE	0	
55	OBER-GRENZE	9999	
56	WIEDERHOLER	NEIN	

UV-VIS-Spektren von CAL-Lösungen unterschiedlicher
pH-Werte



Vergleich der analytischen Parameter der vorgestellten automatisierten Verfahren zur CAL-pH-Bestimmung

Verfahren	Continuous-flow-Analyse (CFA)	Fließinjektionsanalyse (FIA)	diskontinuierliche Analyse
Analysenapparatur	San plus, Skalar	Quickchem 8000, Lachat	EPOS 5060, Eppendorf
Durchsatz (Analysen/Stunde)	60	60	256
Reagenzien	ethanolische Methylrotlösung 0,0002%	ethanolische Methylrotlösung 0,02%	ethanolische Methylrotlösung 0,01 %
Messwellenlänge (nm)	540	540	546
Küvettenlänge (mm)	30	10	10
Probemenge je Analyse	420 µl	80 µl	83 µl
Reagenzmenge je Analyse	1,6 ml	800 µl	25 µl
Kalibrierung	4-Punktkalibration, quadratisch	4-Punktkalibration, quadratisch	4-Punktkalibration, quadratisch
Driftkontrolle	ja	nein	möglich
Kompensation Probenblindwert	über Dialyse	nein	über Blindwertabzug
Temperatur	Raumtemperatur	Raumtemperatur	Raumtemperatur
Datenverarbeitung	automatisiert, intern	automatisiert, extern	automatisiert, extern
simultane Bestimmung mit Phosphor	ja	ja	nein
Methodenbeschreibung des Herstellers	in Vorbereitung	nein	nein

Vergleich des CAL-extrahierbaren Phosphates bei Anwendung der herkömmlichen und der modifizierten Methode in bayerischen Böden

Nätscher, Ludwig (Freising-Weihenstephan)¹

1) Einleitung

Ein Standardverfahren des VDLUFA zur Ermittlung des pflanzenverfügbaren P-Gehaltes im Boden ist die CAL-Methode nach SCHÜLLER. Dieses Verfahren ist dann problematisch, wenn kalkhaltige Böden vorliegen, deren Carbonatgehalt das Pufferungsvermögen der Extraktionslösung übersteigt. Wie bereits mehrfach belegt, ist die Methode nach SCHÜLLER bis zu Carbonatgehalten von 10 bis 15 % geeignet. Höhere Carbonatgehalte haben einen Anstieg des pH-Wertes der Extraktionslösung zur Folge und vermindern das P-Extraktionsvermögen. Daraus resultiert eine Unterbewertung des pflanzenverfügbaren Phosphates und eine überhöhte Düngeempfehlung.

ZORN et. al haben (1998) eine modifizierte CAL-Extraktion vorgeschlagen, bei der der Extrakt-pH-Wert simultan zur P-Bestimmung gemessen wird. In kalkreichen Böden liegt dieser pH-Wert deutlich über dem der reinen Extraktionslösung (pH 4.1). Aus dem pH- Anstieg konnte ein Korrekturfaktor abgeleitet werden, der das pflanzenverfügbare Phosphat in treffender Weise angibt.

2) Problemstellung

Die modifizierte CAL-Extraktion ist inzwischen als VDLUFA Verbandsmethode (A 6.2.1.1) anerkannt und an verschiedenen LUFA im routinenmäßigen Einsatz. In Bayern soll diese Methode für alle notifizierten Labors vorgeschrieben werden. Auf Grund der Korrekturrechnung ist bei kalkreichen Proben mit einem deutlichen Anstieg des CAL-löslichen Phosphates zu rechnen. Die Vergleichsuntersuchung an 200 Bodenproben soll zeigen, welche Veränderungen sich nach der Methodenumstellung ergeben werden. Zum einen wurden 100 überwiegend kalkfreie Böden aus der üblichen Serienuntersuchung analysiert, um die Veränderungen bei durchschnittlichen Proben abschätzen zu können. Zum anderen wurden 100 kalkhaltige und phosphatreiche Böden ausgesucht, um eine Prognose der größten zu erwartenden Unterschiede vorzunehmen.

¹ eMail: naetscher@wzw.tum.de

3) Ergebnisse

Der P-Mittelwert der Serienproben stieg durch die Korrektur von 9,6 auf 10,6 mg/100g und der P-Mittelwert der phosphat- und kalkreichen Proben von 21,2 auf 23,8 mg/100g, wenn man alle Proben mit pH (CAL)-Werten berücksichtigt, die über dem pH-Wert der Extraktionslösung von 4.1 liegen (**s. Tabelle 1**). Das waren 77 bzw. 97 % aller Proben in beiden Serien.

Tab. 1: Mittelwerte und Wertebereiche von pH (CAL) und Phosphatgehalten zweier Probenserien

	Proben aus Serienuntersuchung	ausgewählte kalkhaltige und P- reiche Proben
pH (CaCl ₂)- Spanne	4,9 ... 7,5	6,7 ... 7,5
P-Gehalt (CAL) mg/100g P – Spanne	1,7 ... 78,6	10,0 ... 103,5
P-Gehalt (CAL) mg/100g P – Durchschnitt	9,6	21,2
pH (CAL) – Spanne	4,1 ... 5,5	4,1 ... 4,8
P-Gehalt (modifiziert) mg/100g P – Spanne	1,9 ... 85,1	10,9 ... 129,3
P-Gehalt (modifiziert) mg/100g P – Durchschnitt	10,6	23,8
Anzahl korrigierter Proben (%) bei Korrektur ab pH (CAL) >= 4.2	77	97
Anzahl korrigierter Proben % bei Korrektur ab pH (CAL) >= 4.3	20	25

In **Tabelle 2** ist zusammengestellt, in welcher Häufigkeit höhere pH(CAL)-Werte aufgetreten sind. In den meisten Fällen gab es einen leichten pH-Anstieg von 4.1 auf 4.2, der zum Teil durch eine Vorverdünnung der Probenextrakte im Verhältnis 1:3 zustande kommt. pH(CAL)-Werte von 4.2 sind auch an einer großen Zahl von kalkfreien Proben zu beobachten

Tab. 2: Häufigkeitsverteilung der pH (CAL)-Werte (alle Proben zusammengefasst).

pH (CAL)	Anzahl	pH (CAL)	Anzahl
4.1	26	4.9	1
4.2	129	5.0	-
4.3	23	5.1	1
4.4	7	5.2	-
4.5	6	5.3	-
4.6	2	5.4	-
4.7	2	5.5	1

4.8	1		
-----	---	--	--

pH (CAL)-Werte ≥ 4.3 wurden demgegenüber nur bei kalkhaltigen Proben gefunden, für die das Korrekturverfahren entwickelt worden ist (s. **Abb. 1**). Eine adäquate Bewertung des pflanzenverfügbaren Phosphates ist bereits gegeben, wenn man nur kalkhaltige Proben mit pH (CAL)-Werten von ≥ 4.3 berücksichtigt. Die Anzahl der zu korrigierenden Proben reduziert sich somit auf 20 % bzw. 25 % (s. Tabelle 1). Aus der Korrekturgleichung geht hervor, dass der gemessene P-Gehalt pro pH-Anstieg um 0.1 Einheiten um 8,3 % höher bewertet wird, was in der pH(CAL) Spanne von 4.3 bis 5.0 beispielsweise zu einem P-Anstieg von 17 % bis 75 % der Einzelprobe führen kann.

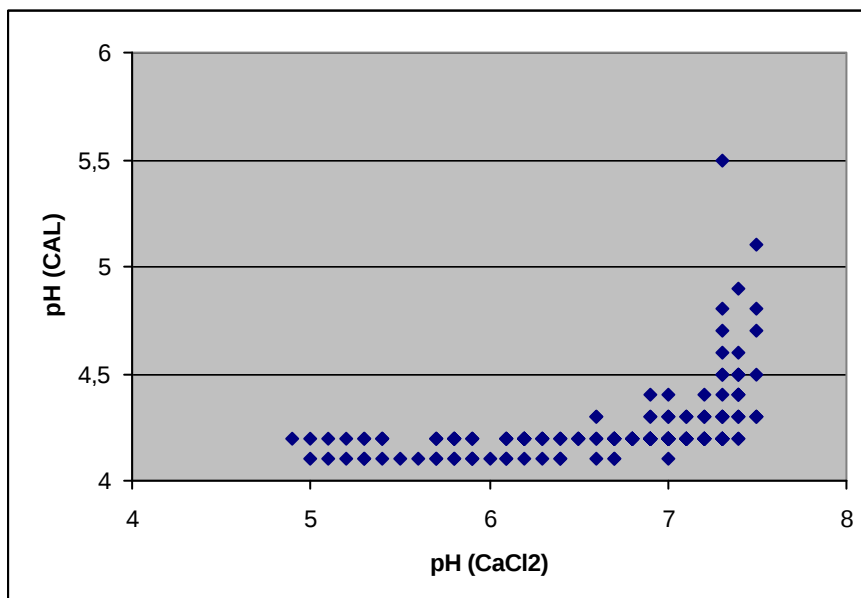


Abb. 1: Zusammenhang zwischen pH (CaCl_2) und pH (CAL)

4) Zusammenfassung

Die Einführung der modifizierten CAL-Methode hat eine Erhöhung der P-Gehalte bei ca. 20 bis 25% aller Proben zur Folge. Im Einzelfall ist mit erheblich größeren P-Gehalten zu rechnen, bis zum Doppelten des gemessenen Gehaltes. Der P-Mittelwert des gesamten Probenkollektives liegt etwa um 10 % höher liegen als nach der herkömmlichen Methode. Auch in kalkfreien Proben kann das pH (CAL) um 0.1 pH-Einheiten ansteigen. Eine Korrekturrechnung wird jedoch erst bei größeren Unterschieden von mindestens 0.2 pH-Einheiten für notwendig erachtet.

5) Literatur

Zorn, W. B. Deller und G. Hoffmann (1998): Zur P-Extraktion mittels CAL-Methode und P-Aufnahme von Pflanzen aus Böden mit sehr hohen CaCO_3 -Gehalten. VDLUFA Schriftenreihe 49, Kongressband 1998, S. 175 - 178

Feinststeuerung der N-Düngung zu Zuckerrüben auf der Basis "später $N_{\min}$ "

Mokry, Markus (Karlsruhe)¹

Einleitung

Die Optimierung der N-Düngung im Ackerbau ist eine äußerst komplexe und schwierige Aufgabe für jeden Landwirt. Sie erfordert Fachwissen, gute Beobachtung und langjährige Erfahrung. Während im Getreidebau die Auswirkungen von N-Gaben laufend beobachtet und bei Bedarf korrigiert werden können, ist dies bei Hackfrüchten - im vorliegenden Fall Zuckerrüben - nicht möglich. Bei Zuckerrüben beginnt nach langsamer Jugendentwicklung die Hauptphase der N-Aufnahme ca. 8 - 10 Wochen nach der Saat (ca. Mitte Juni) und sollte in ca. 8 Wochen maßgeblich abgeschlossen sein (Zuckerausbeute!). Dies erfordert einen ausreichenden pflanzenverfügbaren N-Pool im durchwurzelbaren Raum sowie genügend N-Nachlieferung in dieser Zeit (= N-Nachlieferungspotential!). Mit der analytischen Bestimmung des Mineral-N-Gehaltes zu Vegetationsbeginn ($N_{\min}$) kann ein mehr oder weniger großer Teil der Unsicherheit bei der schlagspezifischen Optimierung der N-Gaben eliminiert werden. Mit der $N_{\min}$ -Methode wird die Summe der stickstoffbezogenen Vorgänge im Boden vor Vegetationsbeginn bzw. vor der Haupt-N-Gabe sowie der folgenden Phase (bei Bedarf) gemessen. Somit läßt sich mit einer $N_{\min}$ -Untersuchung kurz vor der N-Hauptaufnahmephase die schlagspezifische Optimierung der N-Düngung „feinsteuern“. Hierzu ist die Probenahme möglichst kurz vor dem Düngetermin bzw. der Hauptperiode der N-Aufnahme durchzuführen, um einen möglichst großen Anteil der N-Nachlieferung des Bodens bis zu diesem Zeitpunkt zu erfassen.

Zielsetzung

- Überprüfung einer 2. N-Gabe zu Zuckerrüben auf der Basis einer späten $N_{\min}$ -Untersuchung
- Erarbeiten eines N-Sollwertes zur Feinststeuerung der 2. N-Gabe im 4-6-Blatt-Stadium der Zuckerrüben
- Einfluss der Maßnahme auf Ertrag und Qualität
- Praktikabilität für die lw. Praxis

Versuchsbeschreibung

In den Jahren 2000 bis 2002 wurden in Baden-Württemberg Exakt-Feldversuche mit je 10 Varianten (Tabelle 1) durchgeführt.

Tab. 1 Versuchsplan

¹ eMail: markus.mokry@lufa.bwl.de

Varianten	1.Gabe zur Saat	2. Gabe Mitte Mai	3. Gabe Mitte Juni	4. Gabe Mitte Juli	Düngung Gesamt
1	0	0	0	0	0
2	40	0	0	0	40
3	40	40	0	0	80
4	40	80	0	0	120
5	80	0	0	0	80
6	80	40	0	0	120
7	120	0	0	0	120
8	80	80	0	0	160
9	80	0	40	0	120
10	80	0	0	40	120

Berechnung der N-Düngeempfehlung nach dem NID(früh) - und EUF- Verfahren

- Ermittlung des $N_{\min}$ - Verlaufes bei allen Varianten von der Saat bis nach der Ernte
- Ertragsfeststellung und Qualitätsuntersuchung der Rüben
- Ermittlung eines „N-Sollwertes“ zum Zeitpunkt „3. Maidekade“ und Berechnung einer „fiktiven“ 2. N-Gabe
- Bewertung der Varianten mit bereinigtem Zuckerhöchstertag im Versuch zur Variante „ $N_{\min}$ -spät“

Ergebnisse

Die höchsten Nitrat-N-Gehalte (0-90 cm) wurden abhängig vom Düngungs niveau auf allen Standorten, unabhängig vom Versuchsjahr, im 4-8-Blatt-Stadium der Zuckerrübe (3. Mai-/1. Junidekade!) gemessen.

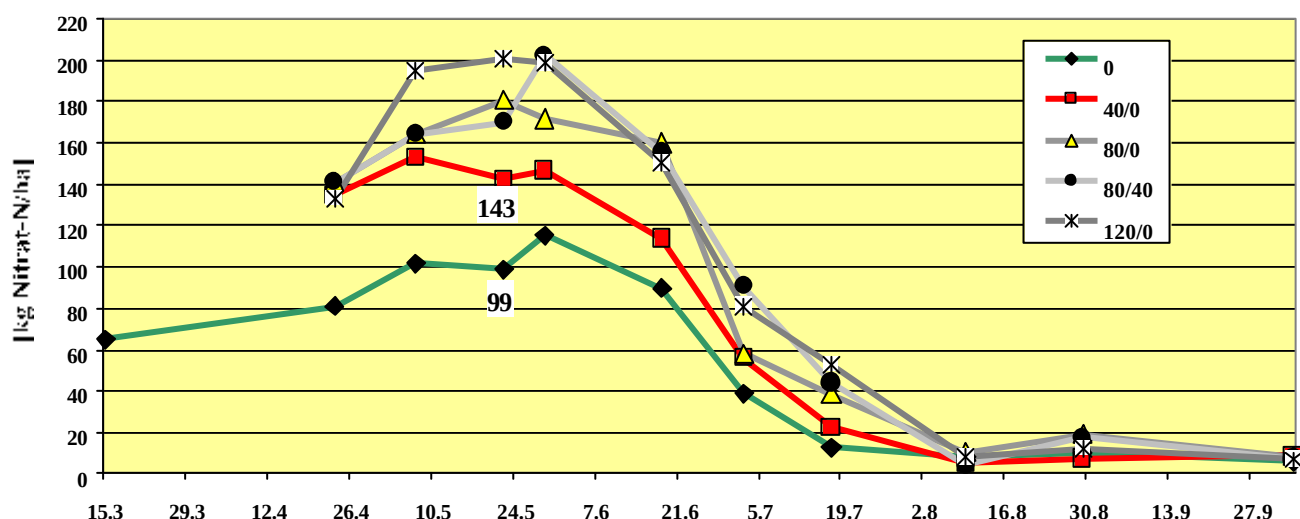
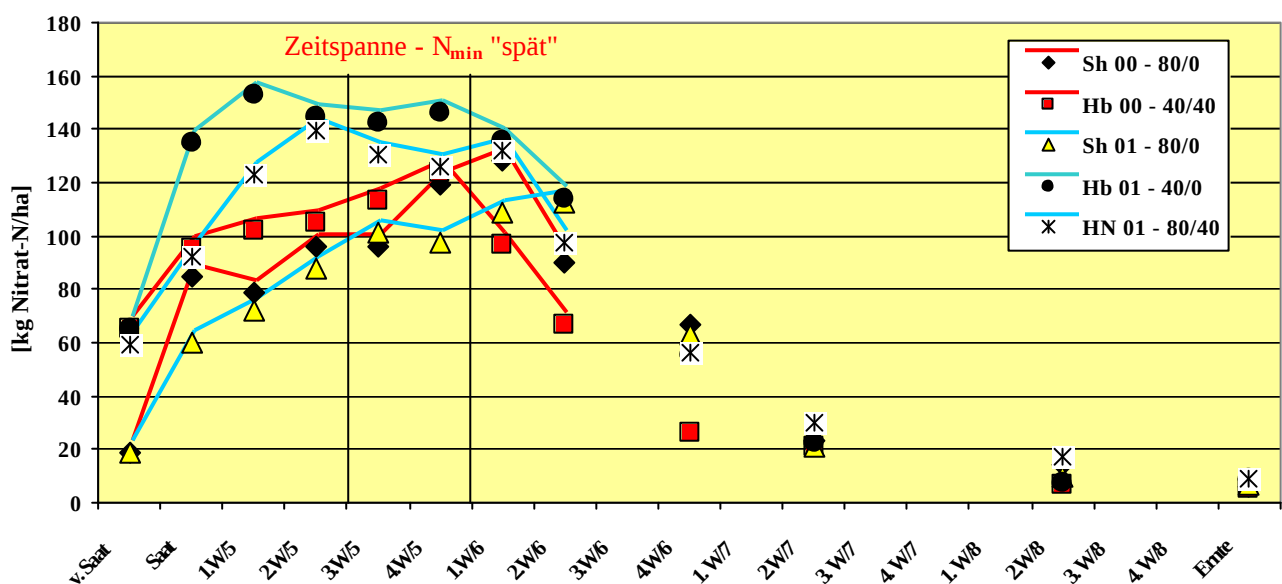


Abb. 1 Verlauf des Nitrat-N (0-90 cm): ausgewählte Varianten – Standort „Herrenberg 2001“

Tab. 2 Düngungs- und Ertragsdaten der besten Varianten in 2000 und 2001

	NID	EUF	N _{opt}	Rüben-ertrag	Zucker-ertrag	Zucker-gehalt
Vers.Jahr 2000	[kg N/ha]			[t/ha]		[%]
Sinsheim	70/50	120	80/0	83,8	12,3	14,7
Herrenberg	70/60	120	40/40	91,0	14,8	16,3
Vers.Jahr 2001						
Sinsheim	70/70	70	80/0	76,3	10,9	14,3
Herrenberg	70/50	130	40/0	73,9	12,5	17,0
Heilbronn	70/40	80	80/40	67,4	10,4	15,5

Die auf Basis N_{min} (zur Saat) bzw. EUF aufgestellten Düngempfehlungen waren nicht zufriedenstellend (Tabelle 2). Es zeigte sich, dass eine Andüngung zur Saat von 40 bis max. 80 kg N/ha völlig ausreichte, um in der Mehrzahl der Varianten die höchsten bereinigten Zuckererträge zu erzielen.

Abb. 2 Verlauf des Nitrat-N (0-90 cm) in den N_{opt}-VariantenTab. 3 Ermittlung einer 2. N-Gabe auf Basis "später N_{min}" (4-8-Blatt Zuckerrübe)

Standort/Jahr	Düngempfehlung		N _{opt} gedüngt	N _{min} /Ende Mai		fiktive 2. N-Gabe *)
	NID	EUF		bei N _{opt}	Var.: 40/0	
Sinsheim 00	70/50	120/0	40/40	120	99	25
			80/ 0	119		
Sinsheim 01	70/70	70/0	40/80	137	86	40
			80/ 0	97		
Herrenberg 00	70/60	120/0	40/40	124	105	20
Herrenberg 01	70/50	130/0	40/ 0	147	147	0
Heilbronn 01	70/40	80/0	80/40	126	110	15

Die Versuchsergebnisse (Rüben- und bereinigte Zuckererträge) sowie die $N_{\min}$ -Optima im 4-8-Blatt-Stadium der Zuckerrübe (Ende Mai/Anfang Juni) lassen im Versuch einen „Sollwert“ in 0 bis 90 cm Tiefe von 110 bis 125 kg N/ha ableiten (Abb. 2). Im Vergleich zur Variante „40/0“ kann nun die optimale 2. N-Gabe zu diesem Zeitpunkt (Sollwert: 125 kg N/ha) berechnet werden (Tab. 3). Auf der Grundlage der statischen Feldversuche hätten so bis 65 kg N/ha ohne Ertrags- und Qualitätsverlust eingespart werden können.

Zusammenfassung

Versuchsergebnisse

- NID(früh) - und EUF-Empfehlung erzielen keine zufriedenstellende Übereinstimmung mit den N_{opt} - Varianten.
- Die höchsten bereinigten Zuckererträge werden mit einer Düngermenge von 40 bis 120 kg N/ha standortabhängig erreicht. Hierbei lag die Gabe zur Saat bei max. 80 kg N/ha, zur 2. Düngung zwischen 0 und 80 kg N/ha.
- Die Verabreichung der gesamten N-Menge bzw. > 120 kg N/ha zur Saat ist ökonomisch und ökologisch nicht sinnvoll.
- Die $N_{\min}$ -Werte waren in allen Versuchsgliedern unabhängig vom Versuchsjahr (Witterung!) Ende Mai bis Anfang Juni am höchsten. N-Verlagerungen während der Vegetationszeit wurden nicht beobachtet.

Interpretation/Ausblick

- Zur Berechnung einer 2. N-Gabe im 4-8-Blatt-Stadium der Rüben kann ein „N-Sollwert“ ermittelt werden, der je nach Standort und Beprobungstermin (Jahr!) zwischen 100 und 130 kg Nitrat-N/ha (0-90 cm) liegt. **Ein Weglassen der 3. Schicht (60-90 cm) ist möglich (Aufwand, Kosten, Zeit!).**
- Mit der Formel „N-Sollwert minus $N_{\min}$ (spät)“ kann die 2. N-Gabe ohne aufwendige Erhebungs- und Rechenschritte errechnet werden.
- Eine ökonomische Bewertung der Düngeempfehlungen wird erstellt.

Literatur

Walther, U. (1994): Die Optimierung der Stickstoffdüngung im Ackerbau mit Hilfe der $N_{\min}$ -Methode. Dokumentation f. Weiterbildungskurs SVIAL, September 1994, Zürich-Reckenholz.

Winner, C. (1991): Zuckerrübenanbau unter dem Aspekt des Umweltschutzes. Berichte über Landwirtschaft, Bd. 69, Heft 1, 121-149.

Effizienz einer teilflächenspezifischen N-Düngung zu Winterweizen - Ist die Variation der Andüngung sinnvoll?

Ebertseder, Thomas (Freising); Pasda, Gregor; Dauster, Christoph

Kleinräumige Ertragsunterschiede in Kulturpflanzenbeständen sind zumeist auf ein räumlich differierendes Wasserangebot zurückzuführen. Für eine teilflächenspezifische Bestandesführung von Winterweizen kommt daher der ersten N-Gabe im Frühjahr besondere Bedeutung zu. In einer Versuchsserie auf insgesamt 10 Versuchsstandorten in Süddeutschland und Frankreich wurde deshalb der Frage nachgegangen, in wie weit Teilflächen mit unterschiedlichem Ertragspotenzial eine differenzierte Andüngung von Winterweizen im Frühjahr erforderlich machen, um das jeweilige Ertragspotenzial optimal zu nutzen (N-Verwertung).

Die einjährigen Parzellenversuche wurden jeweils auf Teilflächen mit hoher und niedriger Ertragserwartung innerhalb eines Schlates durchgeführt. Die Düngervarianten umfassten eine Variation der 1. N-Gabe (0 ; $N_{\text{Soll}}-40$; N_{Soll} ($=120 \text{ kg N ha}^{-1}$ inkl. N_{min}); $N_{\text{Soll}}+40 \text{ kg N ha}^{-1}$) bei konstanter 2. (40 kg N ha^{-1}) und 3. Gabe (60 kg N ha^{-1}) sowie eine Variation der N-Aufteilung bei konstanter Gesamt-N-Menge ($N_{\text{Soll}}-40/60/80$ bzw. $N_{\text{Soll}}+40/20/40 \text{ kg N ha}^{-1}$). In zwei Versuchen wurde zusätzliche Versuchsglieder zur Variation der Spätdüngung (Steigerung der 3. N-Gabe bei konstanter 1. und 2. Gabe, Betonung der 2. oder 3. Gabe bei gleicher Gesamt-N-Menge) angelegt.

Im Mittel der Versuche wurde auf den Teilflächen mit niedriger Ertragserwartung ein um ca. 10 dt ha^{-1} geringerer Ertrag erzielt als auf den Hohertragsflächen. Ursache der Ertragsunterschiede war an allen Standorten eine verminderte Bestandesdichte (im Mittel 25 Ähren m^{-2}) sowie eine geringere Kornzahl/Ähre mit der Folge eines um ca. 10% verminderten Einzelährenertrages auf den Teilflächen mit geringerem Ertragspotenzial. Bei nahezu identischen Rohproteingehalten waren die Ertragsunterschiede gleichbedeutend mit einem um ca. 20 kg N ha^{-1} geringerem N-Entzug auf den Niedrigertragsflächen, auf denen auch die Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs um ca. 5% vermindert war.

Die Reaktion der Pflanzen (Ertragsaufbau) auf eine Erhöhung der N-Andüngung war an allen Standorten jeweils auf beiden Teilflächen sehr ähnlich. Eine 1. N-Gabe in Höhe des N-Sollwertes führte in der Regel zum Höchstertrag bzw. zu einem statistisch davon nicht zu unterscheidenden Ertrag. Entsprechend wurden in diesen Versuchsgliedern jeweils mit die höchste N-Ausnutzung (%) ermittelt. Bei höheren Düngergaben sank dagegen die N-Effizienz (kg Korn je kg N) stark ab. Auf Teilflächen mit niedriger Ertragserwartung hatte eine Betonung der Frühjahrsdüngung tendenziell Vorteile gegenüber einer Betonung der späteren Teilgabe. Auf Hohertragszonen war diese Tendenz weniger deutlich.

An Standorten mit sehr großen Ertragsdifferenzen ($25 - 50 \%$) wurde auf den Teilflächen mit niedriger Ertragserwartung bereits durch eine reduzierte NDüngung (40 kg ha^{-1} gegenüber der Standard-Düngung ($N_{\text{Soll}}/40/60$)) annähernd der Höchstertrag erzielt. Entsprechend fiel hier die N-Ausnutzung mit steigendem N-Niveau stärker ab, als in den Hohertragsbereichen, in denen eine höhere N-Menge zumeist noch in Ertrag umgesetzt werden konnte.

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass (I) wasserlimitierte Bedingungen die Wirkung der N-Düngung auf den Ertragsaufbau von Winterweizen insgesamt vergleichsweise wenig beeinflussen, (II) unabhängig vom teilflächenspezifischen Ertragspotenzial eine Andüngung in Höhe des $N_{\min}$ -Sollwertes für eine optimale Ertragsbildung positiv ist, (III) auf Teilflächen mit sehr geringer Ertragserwartung die N-Düngung reduziert werden (N-Verwertung, Verlustminderung) und (IV) diese Reduktion primär zu späteren Teilgaben erfolgen sollte.

Löslichkeiten und Wirkungen des Siliziums aus silikatischen Gesteinsmehlen, Bodenhilfsstoffen und Düngekalken

Rex, Martin (Mülheim an der Ruhr)¹

Einleitung:

Silizium hat nachweislich positive Wirkungen auf die Bodenstruktur, die Phosphatmobilisierung im Boden und bei Aufnahme durch die Pflanze eine phytosanitäre Wirkung. Zur Boden- und Ertragsverbesserung sowie zur Erhöhung der Ertragssicherheit werden der Landwirtschaft zahlreiche silikathaltige Bodenhilfsstoffe, Bodenverbesserungsmittel und Düngekalke angeboten. Die besonderen Wirkungen dieser Produkte werden dabei häufig ursächlich mit dem Anteil wirksamer Kieselsäure in Zusammenhang gebracht.

Material und Methoden:

In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Gesteinsmehle, Bodenhilfsstoffe und silikatische Düngekalke auf ihre Silikatgehalte und deren wasser- und CAL-lösliche Anteile untersucht. Das Einwaage-/Lösungs-Verhältnis betrug bei der CAL-Extraktion 75 mg/L, bei der Wasserextraktion mit 14 Tagen Inkubation 300 mg/L.

Zusätzlich wurden durch Untersuchung von Pflanzenproben aus Gefäßversuchen die Wirkungen verschiedener Produkte geprüft.

Ergebnisse:

Die Gesamt-Siliziumgehalte (Abbildung 1) liegen in Konverterkalken aus Konverterschlacke (Typen a und b lt. Düngemittelverordnung) um 10 % SiO_2 (5 % Si), aus Pfannenschlacke (Typ c) um 20 % SiO_2 (9 % Si). In Hüttenkalken und Gesteinsmehlen werden über 30 % SiO_2 (14 % Si) gemessen, in Schichtsilikaten über 40 % SiO_2 . Die Gesamtgehalte sagen jedoch noch nichts über die Löslichkeit der Silizium-Verbindungen aus. In Düngekalken aus Eisenhüttenschlacken liegt das Silizium überwiegend in Magnesium-, Dicalcium- und Tricalciumsilikaten vor. Quarz, der in Gesteinsmehlen höhere Anteile annehmen kann, ist in Hütten- und Konverterkalken nicht vorhanden.

Zur Prüfung der Löslichkeit wurden die untersuchten Materialien in CAL-Lösung und in Wasser extrahiert.

¹ eMail: rex@th-duenger.de

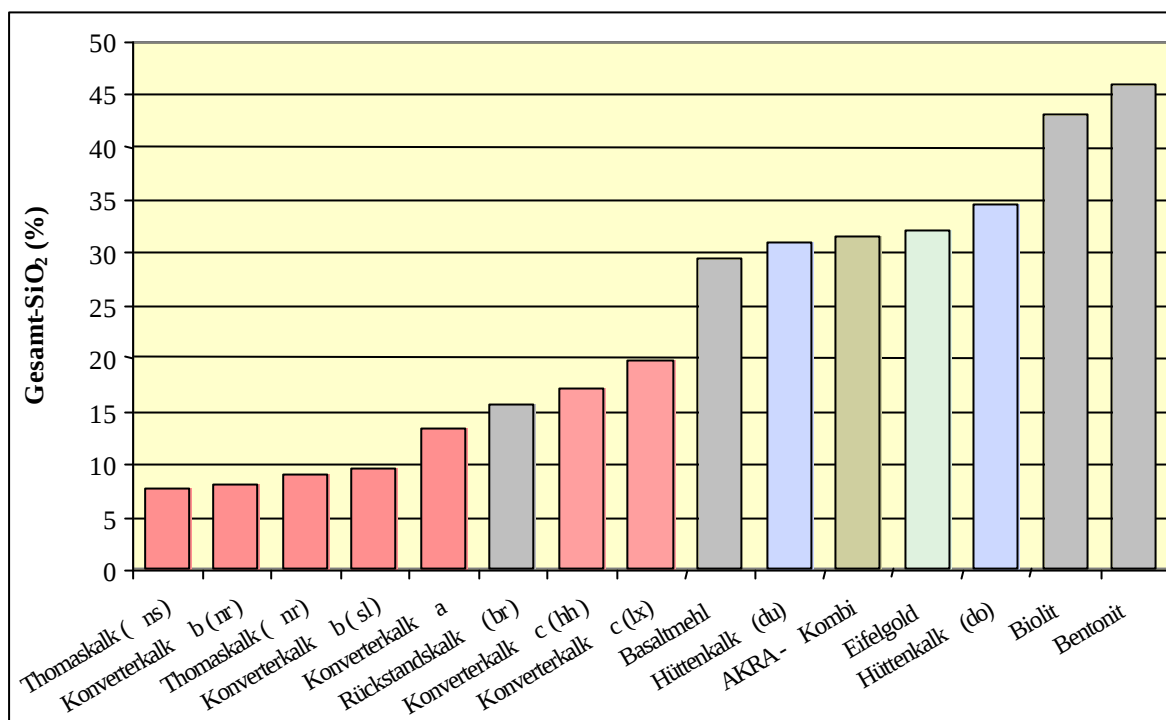


Abb. 1: Gesamt-Kieselsäure-Gehalte von Bodenhilfsstoffen, Gesteinsmehlen und silikatischen Kalken

Die Löslichkeit des Siliziums im CAL-Extrakt fiel bei den Hütten- und Konverterkalken deutlich höher aus als bei den übrigen Materialien (Abbildung 2). Bezogen auf den Gesamt-Silikatgehalt lösten sich bei dem gewählten Einwaage-/Lösungsverhältnis zwischen 60 und 90 % des Siliziums in Düngekalken und weniger als 5 % des Si in Gesteinsmehlen.

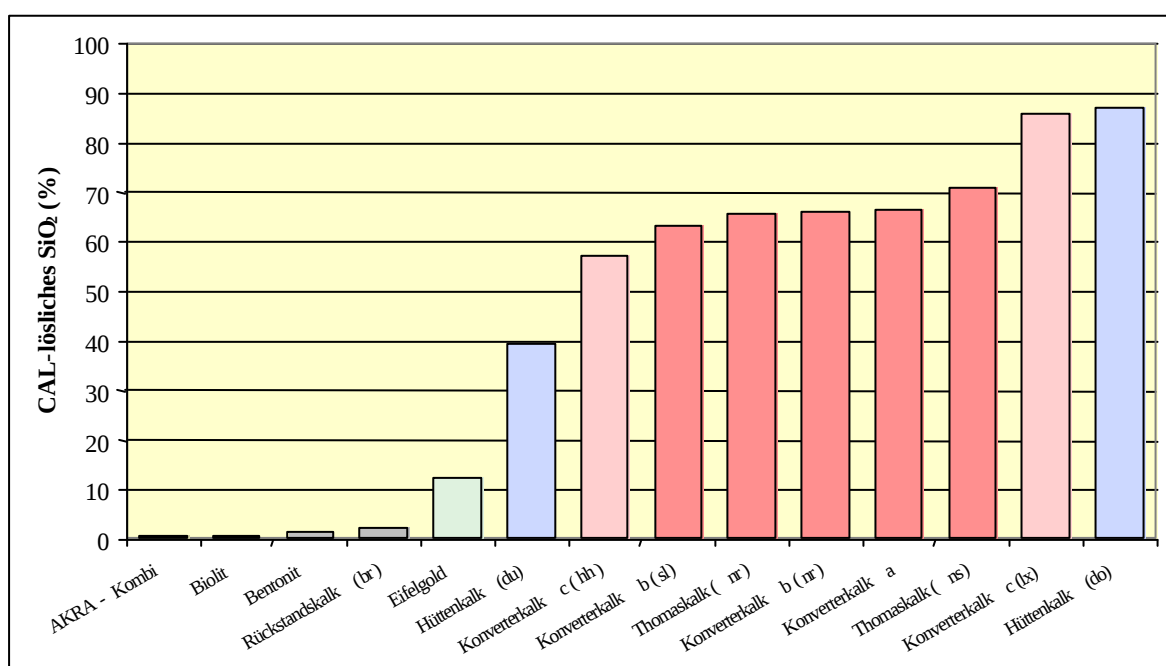


Abb. 2: Anteil der CAL-löslichen Kieselsäure am Gesamt-Siliziumgehalt verschiedener Bodenhilfsstoffe und silikatischer Kalke

Im Wasserextrakt wiesen die Gesteinsmehle noch geringere Anteile löslichen Silikats am Gesamt-Silikatgehalt auf. Sie waren auch beim Hüttenkalk stark vermindert (Abbildung 3). Die höchste Si-Löslichkeit wurde bei den Konverterkalken aus LD-Schlacke gemessen.

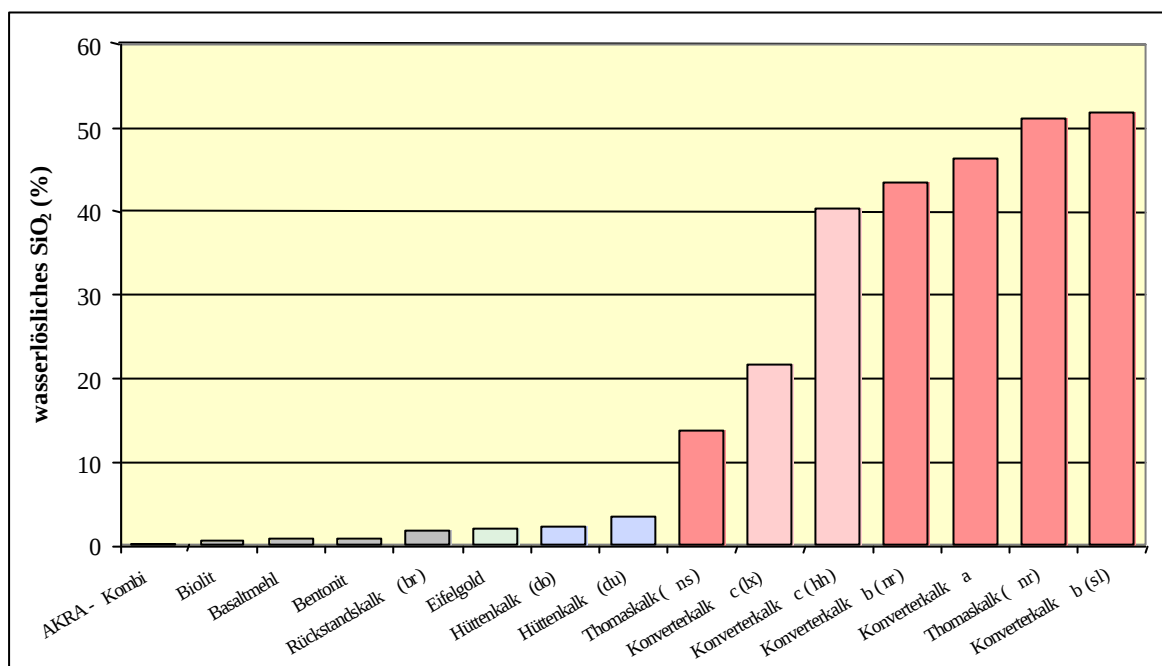


Abb. 3: Anteil der wasserlöslichen Kieselsäure am Gesamt-Siliziumgehalt verschiedener Bodenhilfsstoffe und silikatischer Kalke

Bezogen auf das Produkt (Abbildung 4) löste sich auch aus den Konverterkalken aus Pffannenschlacke das meiste Silikat.

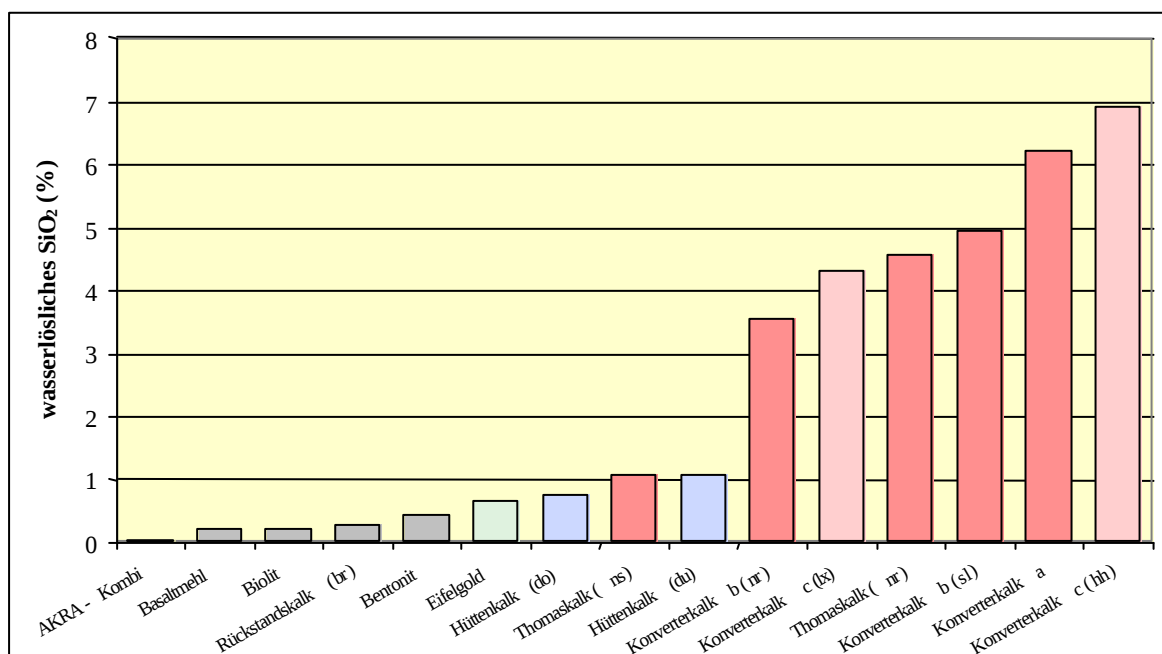


Abb. 4: Anteil der wasserlöslichen Kieselsäure verschiedener Bodenhilfsstoffe und silikatischer Kalke am Gesamt-Produkt

Trotz der vergleichsweise geringen Wasserlöslichkeit des Siliziums aus Hüttenkalken sind die Si-Gehalte des damit gedüngten Getreides im Vegetationsversuch meist am höchsten (Tabelle 1). Die Düngung der Gerste erfolgte auf Basis gleicher Kalkmengen, so dass unterschiedliche Siliziumgaben den Gefäßen zugeführt wurden. Wegen der besseren Wasserlöslichkeit erreichte auch der Konverterkalk vergleichbare Si-Konzentrationen in Pflanzen wie der Hüttenkalk, obwohl die Si-Düngung nur etwa ein Drittel betrug.

Tab.1: Durchschnittliche Silikatgehalte in Sommergerste bei Düngung mit silikatischen Gesteinsmehlen und silikatischen Düngekalken aus je 3 Ernten in Gefäßversuchen

S. Gerste	ohne Kalk	Gesteinsmehle	Hüttenkalk	Konverterkalk
	% SiO ₂ in der Tr.S.			
Aufwuchs [EC 30]	1,80	1,79	2,15	2,03
Stroh	4,90	4,89	5,28	5,15
Spelzen/Spindeln	9,37	9,62	10,24	10,50

Schlußfolgerungen:

Die Löslichkeit des Siliziums aus den untersuchten silikatischen Gesteinsmehlen und Bodenhilfsstoffen in CAL-Lösung und Wasser sowie dessen Aufnahme durch die Pflanze ist im Vergleich zu Silizium aus Hütten- und Konverterkalken vermindert.

Zur P-Fixierung sächsischer Verwitterungsböden auf metamorphen Gesteinen

Richter, Waltraut (Leipzig)¹; Suntheim, Lothar

Einleitung und Problemstellung

Verwitterungsböden auf metamorphen Gesteinen, wie Gneisen, Glimmerschiefern und Phylliten, nehmen den überwiegenden Teil des sächsischen Erzgebirgsraumes ein.

Verwitterungsböden auf Gneis gehören zu den stark Phosphat- (P-) fixierenden Böden (Richter und Suntheim, 1993; Richter und Suntheim, 1996). Es ist noch nicht bekannt, wie sich Verwitterungsböden der ebenfalls metamorph entstandenen Phyllite und Glimmerschiefer verhalten. In den vorliegenden Untersuchungen sollte deshalb der Frage nach dem P- Fixierungsverhalten sächsischer Verwitterungsböden auf unterschiedlichen metamorphen Gesteinen nachgegangen und damit ein Beitrag zur Ursachenklärung ihres P- Fixierungsverhaltens geleistet werden.

Material und Methoden

1. Untersuchung von Boden und Gestein unterschiedlicher geologischer Herkunft

Tab.: 1 Charakterisierung der untersuchten Böden

Standort	Bodenart*	Geologische Herkunft	pH	Ct- Gehalt (%)
(1) Hilbersdorf	IS	Freiberger Graugneisverwitterung	5,2	3,1
(2) bei Mulda	sL	Granitgneisverwitterung	4,4	3,6
(3) Helbigsdorf	uL	Granitgneisverwitterung	5,1	2,3
(4) Sayda	sL	Rotgneisverwitterung	4,7	2,7
(5) Schlettau	l`S	Graugneisverwitterung	5	1,3
(6) Weigmannsdorf	uL	Graugneisverwitterung	5,6	4,1
(7) Mulda	l`S	Granitgneisverwitterung	3,9	1,9
(8) Grüna	t`L	Glimmerschieferverwitterung	5,4	2,8
(9) Lößnitz	l`S	Phyllitverwitterung	6,8	2,4
(10) Adorf	sL	quarz. gebänd. Phyllitverwitterung	6,5	3,3

*: Zuordnung der Bodenarten nach dem Rahmenschema für die Gruppierung der Bodenarten nach VDLUFA (v.08.06. 2000)

- Fraktionierung der Feinböden < 2mm in die Kornfraktionen 2,0- 0,063 mm (Grobfraction) und < 0,063 mm (Feinfraktion) durch Nasssiebung
- Isolierung von Feldspat aus der Sandfraktion des Weigmannsdorfer Bodens und aus dem Weigmannsdorfer Gneisgestein mit Hilfe eines Stereomikroskops
- Inkubation der Böden < 2 mm, der Grob- und Feinfraktionen und des Feldspats mit Phosphat und nachfolgende Ermittlung des pflanzenverfügbaren (DI- löslichen) Phosphats in Abhängigkeit von der Reaktionszeit (Zugabe von 1 mg P

¹ eMail: Waltraut.Richter@Leipzig.lfl.smul.sachsen.de

/ g Boden bzw. Kornfraktion oder Feldspat als Kaliumdihydrogenphosphatlösung und Reaktion in verschlossenen Polyäthylenflaschen).

2. Untersuchungsmethoden

- Bestimmung der Korngrößenverteilung der Böden nach DIN 19683 Bl. 2 (Ermittlung der Sandfraktionen durch Nasssiebung, der Schluff- und Tonfraktionen durch Schlämmanalyse nach Köhn)
- Bestimmung des pH- Wertes (0,01 m CaCl₂- Lösung)
- Ermittlung des Ct- Gehaltes (Leco CHN 1000 Automat)
- Doppellactatmethode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphats nach Egner / Riehm (P-DI)
- Bestimmung des Phosphats durch Salzsäureaufschluß (P-HCl)
- Gesamt-Phosphat- Bestimmung durch Flußsäureaufschluß (P-HF) (nach TGL 25418 / 18)

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen zur P - Fixierung der eingesetzten Verwitterungsböden zeigen ein unterschiedliches Verhalten in Abhängigkeit vom verwitternden Gestein. Während alle untersuchten Verwitterungsböden durch hohe Gesamt - P- Gehalte gekennzeichnet sind (1063 ppm - 1795 ppm P-HF), ergeben sich deutliche Unterschiede in den Gehalten an pflanzenverfügbarem doppelactatlöslichen (DI-) Phosphat (20 ppm - 261 ppm P). Die gering P- fixierenden Verwitterungsböden auf Phyllit weisen bei hohen Gesamt-P- Gehalten von 1780 und 1795 ppmP gleichzeitig hohe Gehalte an DI- löslichem P von 261 und 228 ppm P auf. Die resultierenden " groben P- Fixierungsfaktoren " (P-HCl:P-DI) liegen bei den Verwitterungsböden auf Gneis und dem auf Glimmerschiefer bei ≥ 10 , bei den Verwitterungsböden auf Phyllit bei <10 (Abb. 1).

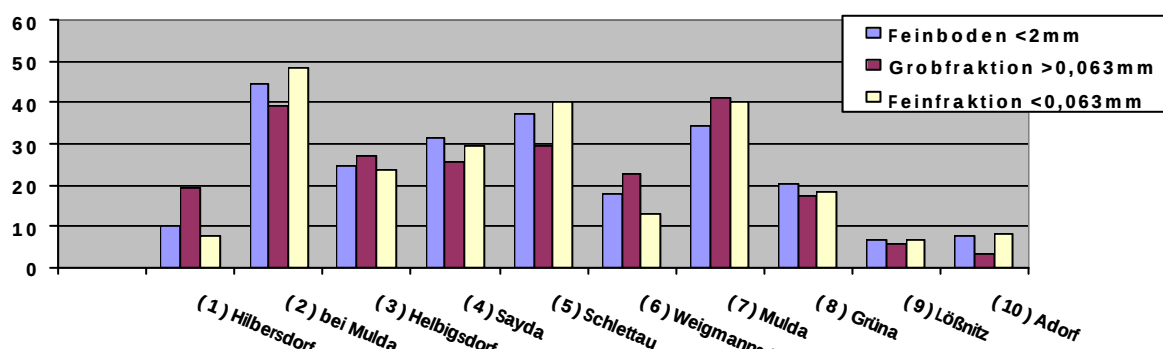


Abb. 1: Der Quotient P-HCl / P-DI als "grober P-Fixierungsfaktor" der Feinböden und ihrer Grob- und Feinfraktionen

Die Verwitterungsböden auf Gneis sind durch das Vorliegen von P- Differenzbeträgen zwischen dem HF- löslichen und dem HCl-löslichen Phosphat gekennzeichnet, die bei den zugehörigen Gesteinen nicht nachweisbar sind. Das Vorhandensein irreversibel im Silicatgerüst fixierten Phosphats, vermutlich nicht

geogenen Ursprungs, läßt auf eine hohe P- Fixierungsintensität dieser Böden schließen (Abb. 2).

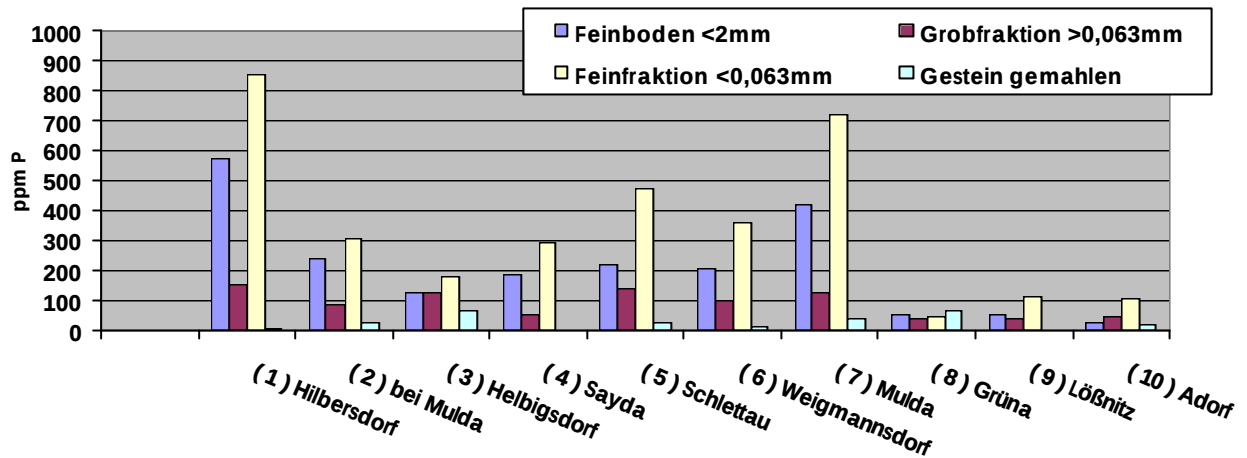


Abb. 2: P- Differenzbeträge (PHF - PHCI) der Feinböden, der Grob- und Feinfraktionen und ihrer Gesteine

Übereinstimmend mit den Ergebnissen zahlreicher Untersuchungen (u.a. Barrow (1991); Suntheim (1990); Van der Zee (1988)) nahm bei Zugabe von löslichem Phosphat nach dem 1. Reaktionstag mit Phosphat bei allen Böden das DI- lösliche P (im Vergleich zur Gesamtzeit von 30 Wochen) erheblich ab. Nach 30 Wochen war die DI- P- Abnahme bei den Verwitterungsböden auf Phyllit insgesamt geringer als bei den Verwitterungsböden auf Gneis und dem auf Glimmerschiefer (Abb. 3).

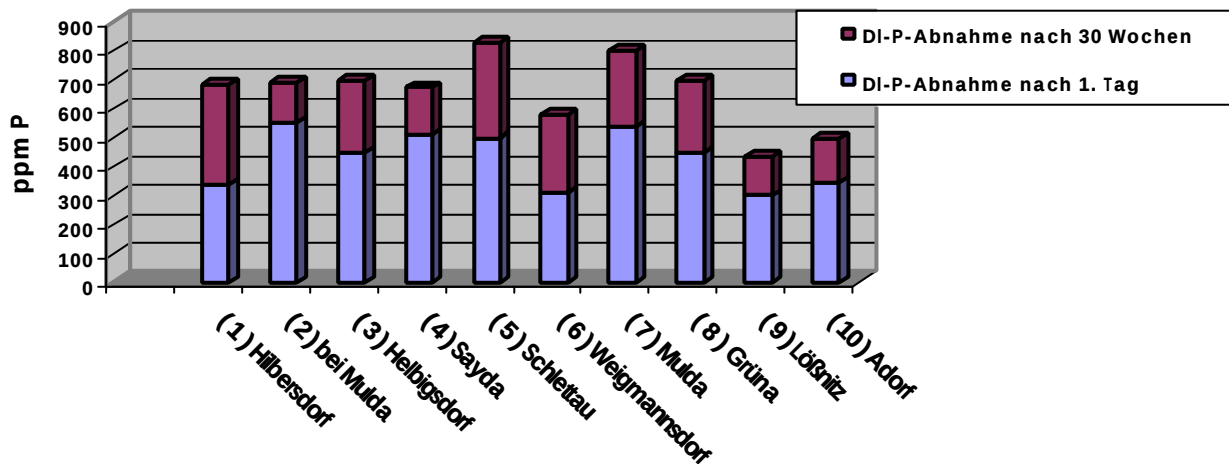


Abb. 3: P- Fixierungsverhalten verschiedener Verwitterungsböden nach Zugabe von löslichem Phosphat (1000 ppm P)

Durch Zugabe von löslichem Phosphat zu den Grob- und Feinfraktionen der Böden (2,0-0,063 mm; < 0,063 mm) zeigte es sich, daß nicht nur die Feinfraktionen, sondern auch die Grobfaktionen an der P- Fixierung beteiligt sind. Bei einigen untersuchten Böden war der Anteil der Grobfraction an der P- Fixierung (DI-P- Abnahme) größer als der der Feinfraktion (Abb. 4).

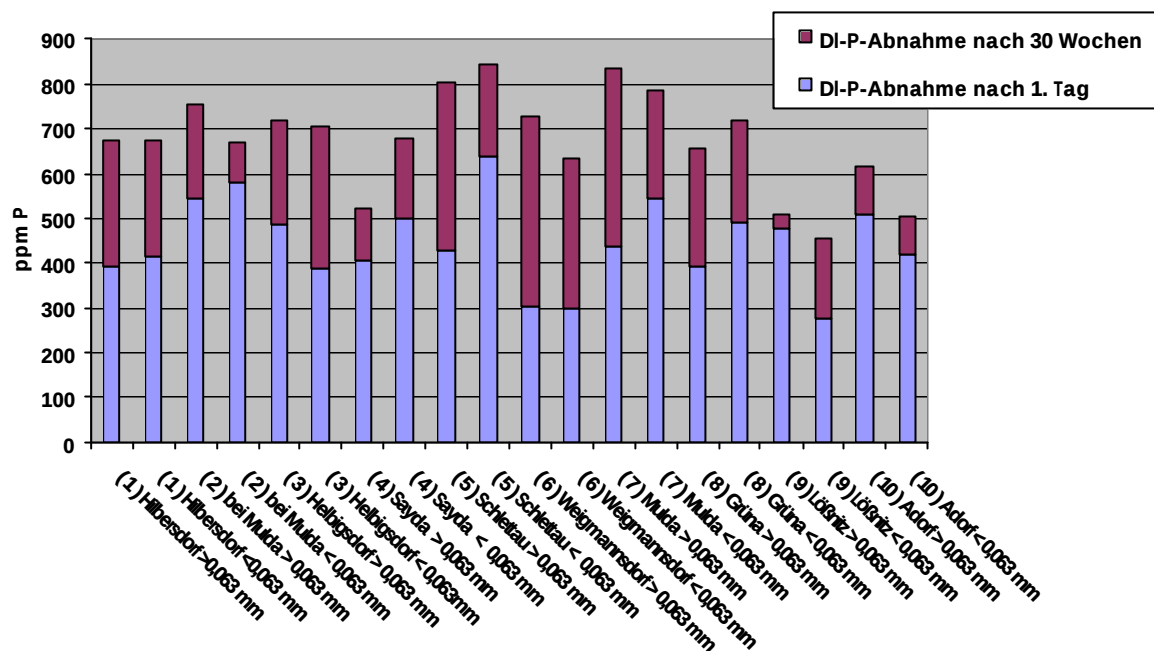


Abb. 4: P- Fixierungsverhalten der Kornfraktionen der Böden nach Zugabe von 1000 ppm P

Den großen Einfluß der Verwitterungsintensität der Bodenminerale bzw. des Ausmaßes von Fehlstellen in der Kristallstruktur der Minerale auf die P- Fixierung demonstriert Abb. 5. Der stärker verwitterte Bodenfeldspat überführt mehr lösliches Phosphat in eine nicht pflanzenverfügbare (nicht DI-lösliche) Form als der aus dem Gestein isolierte Feldspat.

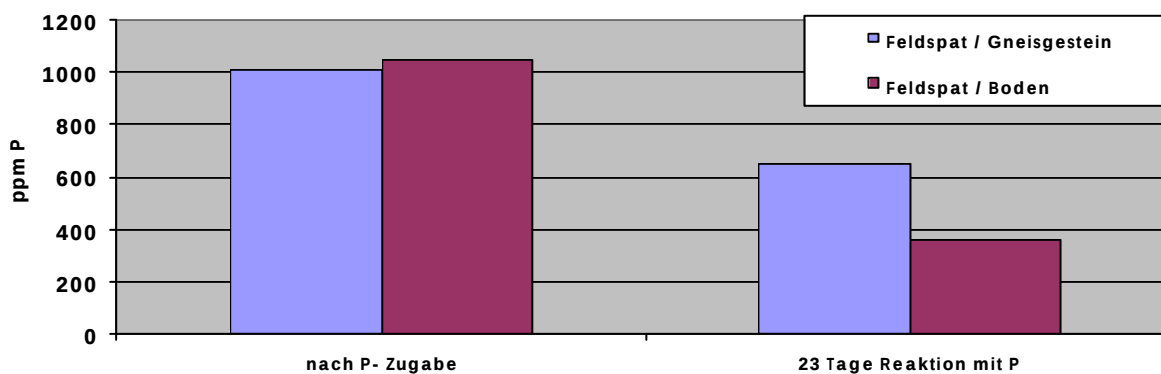


Abb. 5: Pflanzenverfügbares (DI-lösliches) Phosphat des Weigmannsdorfer Boden- und Gesteinsminerals Feldspat nach Zugabe von 1mg P / g Mineral

Schlußfolgerungen

Die Ursache für das unterschiedliche P- Fixierungsverhalten der Verwitterungsböden auf Gneis, Glimmerschiefer und Phyllit könnte in den verschiedenen metamorphen Entstehungsbedingungen (katazonal, mesozonal und epizonal) der Gesteine mit den resultierenden differenten Struktur- und Texturverhältnissen zu suchen sein. Daraus ergeben sich auch in den entsprechenden Verwitterungsböden unterschiedliche Mineralbestände mit verschiedenen Kristallstruktur- und Bindungsverhältnissen sowie auch differenten Verwitterbarkeiten und Verwitterungsintensitäten der vorhandenen Bodenminerale. Die Verwitterung der Bodenminerale, die mit dem Entstehen von Fehlstellen in den Kristallgittern der Minerale bis zu ihrem Zerfall und mit Neubildungen verbunden ist, beeinflußt offensichtlich in entscheidendem Maße das P- Fixierungsverhalten der untersuchten sächsischen Verwitterungsböden.

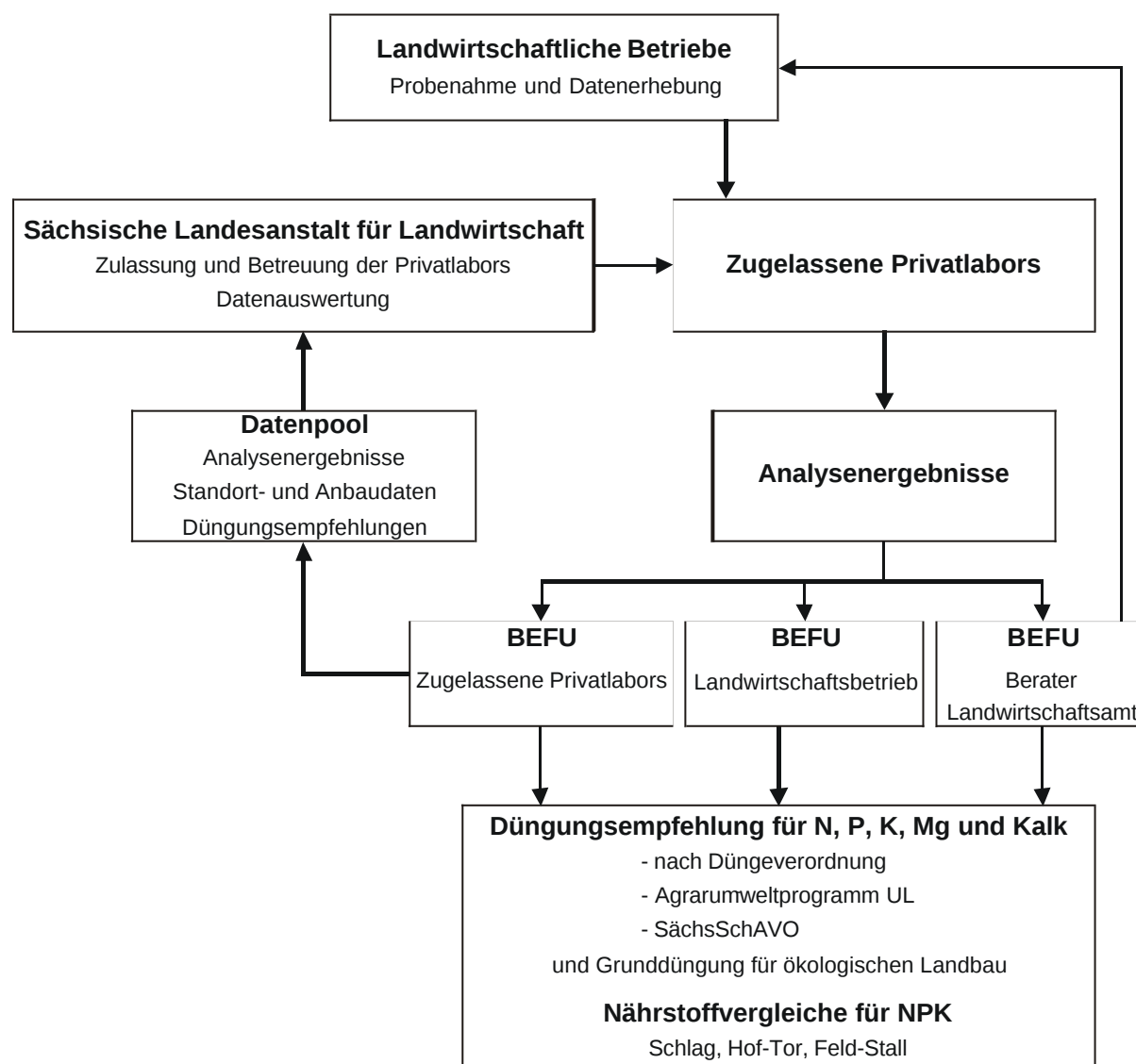
Literatur

- Barrow, N. J.: Testing a mechanistic model. XI. The effects of time and of level of application on isotopically exchangeable phosphate.- In: J.Soil Sci., Oxford 42 (1991) S. 277-288
- Richter, W. und Suntheim, L.: Phosphatfixierung in Verwitterungsböden auf Gneis 1. Fixierung von Phosphat durch Sandfraktionen. In: Arch. Acker- Pfl. Boden. 37 (1993) S. 59-69
- Richter, W. und Suntheim, L.: Phosphatfixierung in Verwitterungsböden auf Gneis - P- Fixierungsverhalten einer Berglehm-Braunerde.- In: Arch. Acker- Pfl. Boden 40 (1996) S. 321-333
- Suntheim, L.: Untersuchungen zur P- Dynamik im Boden und Schlußfolgerungen für eine bedarfsgerechte P- Ernährung ausgewählter landwirtschaftlicher Nutzpflanzen.- Diss. B, Institut f. Düngungsforschung, Leipzig (1990)
- Zee van der, S. E. A. T. M. und Riemsdijk, W. H.: Model for long term phosphate reaction kinetics in soil.- In: J. Environ. Qual.-Madison 17 (1988) S. 35-41

Düngungsberatung in Sachsen - eine Grundlage für die Erhebung und Auswertung mehrjähriger Untersuchungsergebnisse

Erhard Albert¹; Hartmut Ernst¹; Frank Förster¹; Karl-Heinz Neubert²

Die Düngungsberatung im Freistaat Sachsen erfolgt vorwiegend im Rahmen der Officialberatung durch 14 Staatliche Ämter für Landwirtschaft. Dabei ist die Anwendung des von der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) entwickelten Düngungsmodells BEFU eine wichtige Voraussetzung, um die N-, P-, K-, Mg- und Kalkempfehlungen ermitteln sowie die N-, P- und K-Bilanzierungen auf den Ebenen Schlag, Hoftor sowie Feld-Stall durchführen zu können.



¹ Dr. habil. Erhard Albert; Dr. Hartmut Ernst; Frank Förster
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau
Gustav-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig; e-mail: erhard.albert@leipzig.lfl.smul.sachsen.de;
hartmut.ernst@leipzig.lfl.smul.sachsen.de; frank.förster@leipzig.lfl.smul.sachsen.de
eMail: regina.riedel@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

² Karl-Heinz Neubert
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Landwirtschaftliche Untersuchungen
Gustav-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig; e-mail: karl-heinz.neubert@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

Sowohl die Bodenuntersuchungen als auch die Düngebedarfsermittlung auf der Grundlage von BEFU werden im Freistaat Sachsen im Rahmen

- der Düngeverordnung (DV),
- des Agrarumweltprogrammes „Umweltgerechte Landwirtschaft (UL)“ und
- der Sächsischen Schutz- und Ausgleichs-Verordnung (SächsSchAVO)

vorrangig in Privatlabors durchgeführt, die von der LfL unter Berücksichtigung vertraglicher Vereinbarungen zugelassen werden.

Im Zusammenhang damit wird BEFU zur Düngungsberatung auf der Basis von Versuchen sowie durch ständigen Informationsaustausch mit der Officialberatung, den zugelassenen Privatlabors und der landwirtschaftlichen Praxis gepflegt und den aktuellen Erfordernissen angepasst.

In Abbildung 1 ist das Grundprinzip der Düngungsberatung im Freistaat Sachsen dargestellt.

Die Daten aus den Rückinformationen zur Anwendung von BEFU werden in Form einer Datenbank für die Weiterentwicklung des Düngungsmodells aufbereitet. Darüber hinaus gestattet das umfangreiche Datenmaterial vielfältige Auswertungen dieser Erhebungen hinsichtlich ihrer Entwicklung über mehrere Jahre. In Tabelle 1 und 2 ist die Entwicklung der gemessenen $N_{\min}$ -Frühjahrsgehalte (0 - 60 cm) in den Jahren 1997 - 2001 auf Praxisschlägen sowie in Abhängigkeit von der angebauten Fruchtart beispielhaft dargestellt.

Tabelle 1: Entwicklung der $N_{\min}$ -Frühjahrswerte (0 - 60 cm) im Zeitraum 1997 - 2001 auf Praxisflächen

Jahr	Anzahl Proben	Probenahme­fläche [ha]	$N_{\min}$ [kg/ha]	Standardabweichung
1997	18 331	209 866	54	36
1998	31 601	377 831	49	41
1999	37 007	416 215	39	37
2000	34 670	377 148	35	29
2001	34 765	361 618	46	43

Tabelle 2: Entwicklung der $N_{\min}$ -Frühjahrsgehalte in Abhängigkeit von der angebauten Fruchtart im Zeitraum 1997 – 2001

Fruchtart	$N_{\min}$ -Gehalte [kg/ha]					
	1997	1998	1999	2000	2001	Mittel
Winterweizen	65	63	46	37	57	54
Winterroggen	39	36	25	23	27	30
Wintergerste	38	40	30	25	33	33
Sommergetreide	65	61	46	41	64	55
Winterraps	43	34	31	29	32	34
Mais	69	71	59	46	61	61
Zuckerrüben	83	80	58	53	77	70
Kartoffeln	76	75	63	52	74	68

Für die N -Düngebedarfsermittlung nach BEFU lagen im jährlichen Durchschnitt 31 275 $N_{\min}$ -Untersuchungen im Frühjahr 1997 - 2001 vor, die eine mittlere Fläche pro Jahr von 348 535 ha repräsentieren. Das bedeutet, dass über 90 % der Fläche (380 750 ha) der jährlich einbezogenen Schläge auf $N_{\min}$ beprobt wurden. Allgemein lässt sich einschätzen, dass die vorliegenden Ergebnisse die von Dauertestflächen im Trend bestätigen.

Als weiteres Beispiel der sekundären Auswertung werden die Ergebnisse der aktuellen Versorgung der Böden im Freistaat Sachsen an Grundnährstoffen und ihre Entwicklung über die Jahre 1997 - 2001 in Tabelle 3 vorgestellt.

Der Auswertungsumfang zur Düngebedarfsermittlung für P, K, Mg und Kalk lag für 1997 - 2001 bei 47 587 Boden-Grunduntersuchungen. Im Vergleich zu $N_{\min}$ werden die Untersuchungen auf P, K, Mg und pH in einem Untersuchungszyklus von 3-5 Jahren vorgenommen. Durch die von 1997 - 2001 durchgeführten Grundnährstoffuntersuchungen wurde insgesamt 413 807 ha beprobt. Beim Vergleich mit der durchschnittlichen Fläche entsprechend BEFU-Anwendung von etwa 380 750 ha ist festzustellen, dass pro Jahr für etwa 21,7 % der Anbaufläche Boden-Grunduntersuchungen durchgeführt wurden. Dies entspricht einem Untersuchungszyklus von etwas mehr als 4,5 Jahren. Die Anforderungen der Düngeverordnung sowie des Agrarumweltprogrammes UL werden damit erfüllt.

Tabelle 3: Untersuchungen der Grundnährstoffe und prozentuale Verteilung hinsichtlich des Versorgungszustandes sowie Entwicklung 1997 – 2001

Nährstoff	Zeitraum	Grundnährstoffuntersuchungen		Anteile [%] der Stufen				
		Anzahl	Fläche [ha]	A	B	C	D	E
P	1997	6123	60371	8,6	29,1	27,1	26,8	8,4
	1998	7608	75360	9,2	26,7	24,9	25,9	13,3
	1999	13392	118021	10,7	30,5	25,7	23,4	9,7
	2000	12696	99003	12,4	34,7	24,1	20,9	7,9
	2001	7768	61052	8,5	28,5	31,7	21,2	10,1
	1997 - 2001	47587	413807	10,2	30,3	26,3	23,4	9,8
K	1997	6123	60371	1,9	10,7	23,9	39,5	24,0
	1998	7608	75360	1,4	10,4	24,1	39,7	24,4
	1999	13392	118021	1,9	11,5	25,2	39,9	21,5
	2000	12696	99003	2,0	10,8	29,2	42,2	15,8
	2001	7768	61052	2,4	17,5	32,7	33,3	14,1
	1997 - 2001	47587	413807	1,9	11,9	26,9	39,3	20,0
Mg	1997	6123	60371	2,2	16,2	19,8	24,2	37,6
	1998	7608	75360	5,1	16,5	18,9	24,7	34,8
	1999	13392	118021	2,7	16,9	21,1	26,6	32,7
	2000	12696	99003	2,3	15,1	20,2	25,8	36,6
	2001	7768	61052	1,7	12,5	17,1	25,4	43,3
	1997 - 2001	47587	413807	2,8	15,6	19,7	25,6	36,3
Kalk (pH-Wert)	1997	6123	60371	0,8	3,5	12,1	27,6	56,0
	1998	7608	75360	1,2	4,8	13,7	27,9	52,4
	1999	13392	118021	0,6	2,7	11,3	29,3	56,1
	2000	12696	99003	0,3	2,4	12,5	31,5	53,3
	2001	7768	61052	0,4	2,2	9,1	30,2	58,1
	1997 - 2001	47587	413807	0,7	3,1	11,8	29,4	55,0

Zusammenfassung

Das Grundprinzip der Düngungsberatung im Freistaat Sachsen wird vorgestellt. Darüber hinaus werden im Rahmen der Düngungsberatung die Ergebnisse der Datenerhebung und Auswertung hinsichtlich der Entwicklung der N_{min} -Frühjahrsgehalte sowie der aktuellen Versorgung der Böden in Sachsen an Grundnährstoffen und ihre Entwicklung im Zeitraum 1997 - 2001 aufgezeigt.

Sollten unterschiedlich entwickelte Wintergetreidebestände im Frühjahr differenziert mit Stickstoff angedüngt werden?

Boese, Lothar (Bernburg)¹:

Problemstellung

Teil der Bestandesführung im Wintergetreidebau ist die Anpassung der Stickstoffdüngung an den Bestandeszustand. Meist wird empfohlen, schwach entwickelte Bestände (Spätsaaten, evtl. nach partieller Auswinterung) zur Förderung der Triebentwicklung mit einer möglichst frühen und höheren Gabe, stark entwickelte Bestände (Frühsaaten, bereits voll bestockt) mit einer verminderten und ggf. verzögerten 1. Gabe anzudüngen. Versuchsergebnisse, die diese Empfehlung deutlich stützen würden, existieren nicht.

Feldversuche

- mit Wintergerste und Winterweizen (je eine Sorte) über vier Jahre am Standort Bernburg im mitteldeutschen Trockengebiet (tiefgründige Löss-Schwarzerde, mittl. Jahrestemperatur 9,1 °C, mittl. Jahresniederschlagssumme 469 mm)
- durch Variation des Saattermins und der Saatstärke in teilweise nicht praxisüblichen Bereichen hinsichtlich Entwicklungsstand im Frühjahr und Bestandesdichte (Pflanzen/m²) fünf deutlich unterschiedliche Bestände erzeugt:

Var.	Saattermin, Saatstärke	Wintergerste „Theresa“	Winterweizen „Ritmo“
1	früh , niedrig	Anfang Sept., 150 k. Kö./m ²	Mitte Sept., 200 k. Kö./m ²
2	früh , hoch	Anfang Sept., 600	Mitte Sept., 800
3	normal, normal	Mitte Sept. , 300	Mitte Okt. , 400
4	spät , niedrig	Mitte Okt. , 150	Mitte Nov. , 200
5	spät , hoch	Mitte Okt. , 600	Mitte Nov. , 800

- 1. N-Gabe zu Vegetationsbeginn im Frühjahr in den Stufen 30, 60 und 90 kg/ha N gestaffelt
- 2. N-Gabe in ES 30/31 einheitlich 70 kg/ha N
- 3. N-Gabe in ES 37/43 komplementär zur 1. Gabe (60, 30, 0 kg/ha N), so dass in der Summe aller Gaben alle Varianten mit einer einheitlichen Düngermenge von 160 kg/ha N versorgt waren
- Düngerform generell Kalkammonsalpeter; kein Lager in den Versuchen

Ergebnisse

Frühsaat mit hoher Saatstärke erzielte die höchsten Erträge (Abb. 1). Gegenüber einer niedrigen Andüngung mit 30 N brachte 60 N zur ersten Gabe einen Mehrertrag von etwa 3 dt/ha. Eine Erhöhung der 1. Gabe auf 90 N führte zu einem Ertragszuwachs um weitere 4 dt/ha. Die anderen Bestände reagierten ähnlich. Nur die schwach entwickelte Spätsaat mit niedriger Bestandesdichte erreichte schon mit 60 N zur 1. Gabe den höchsten Ertrag. In diesem Fall hatte die erhöhte N-Gabe keinen Einfluss. Auch in den Einzelversuchen erwies sich eine erhöhte 1. Gabe in keinem Fall als signifikant schädlich für den Ertrag.

¹ eMail: Lothar.Boese@llg.mrlu.lsa-net.de

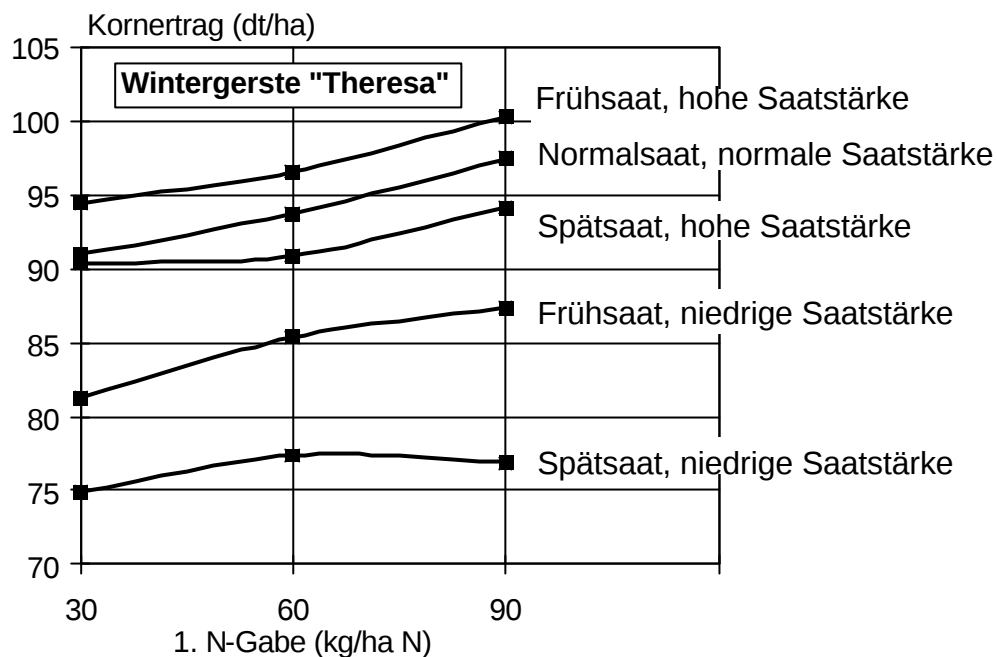


Abb. 1: Kornertrag unterschiedlicher Wintergerstenbestände (Theresa, Mittel 1997-2000) in Abhängigkeit von der Höhe der 1. N-Gabe ($N_{min} = 16+20+21 = 56$ kg/ha N)

Im Vergleich zur Wintergerste fiel die Ertragsreaktion des Winterweizens auf die Erhöhung der 1. N-Gabe insgesamt schwächer aus (Abb. 2). Ähnlich wie bei Wintergerste reagierten insbesondere die Fröhsaat mit hoher Saatstärke, aber auch die Normalsaat positiv auf eine erhöhte 1. Gabe. Demgegenüber zeigte die Spätsaat mit geringer Saatstärke keine Reaktion. Auch in den Einzelversuchen erwies sich eine erhöhte 1. N-Gabe in keinem Fall als signifikant schädlich für den Ertrag.

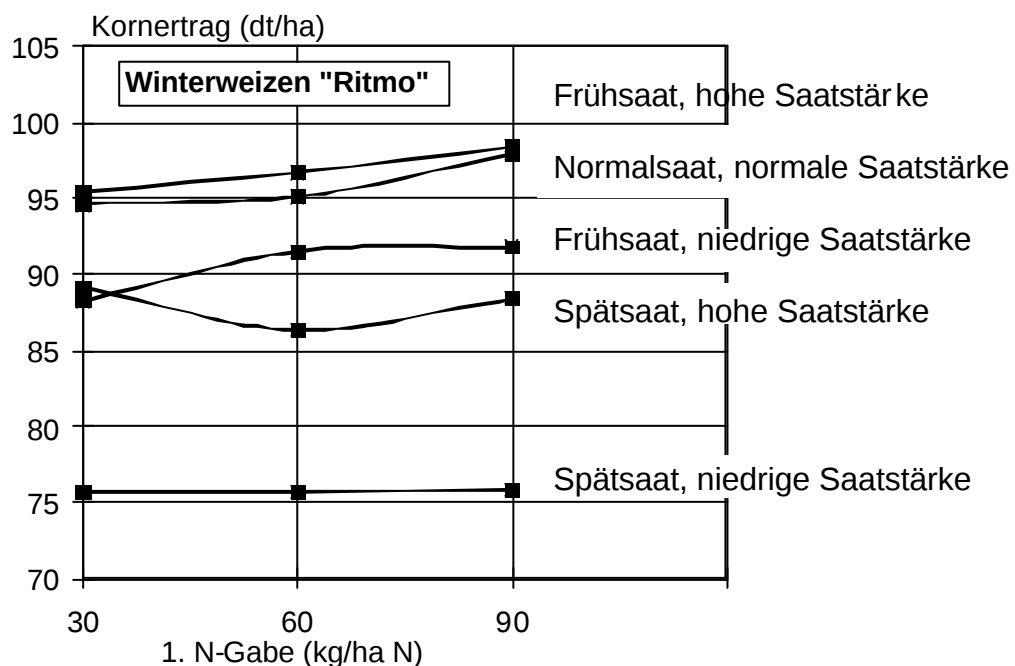


Abb. 2: Kornertrag unterschiedlicher Winterweizenbestände (Ritmo, Mittel 1997-2000) in Abhängigkeit von der Höhe der 1. N-Gabe ($N_{min} = 19+27+28 = 74$ kg/ha N)

Die für jeden Versuch berechneten Regressionskurven zeigen, dass über einen weiten Bereich mit zunehmender Triebzahl tendenziell auch die Erträge steigen (Abb. 3 + 4). In den meisten Versuchen wird jeweils ein Sättigungsbereich erreicht, innerhalb dessen ab einer bestimmten Triebzahl kein weiterer Ertragsanstieg stattfindet. So waren bei Winterweizen mit mehr als 1100 Trieben/m² keine weiteren Ertragssteigerungen zu erzielen. Ein Ertragsabfall tritt jedoch nicht ein. Selbst Triebzahlen/m² von mehr als 1400 bei Wintergerste, resultierend aus früherer Saat, extrem hoher Saatstärke und hoher Andüngung im Frühjahr, haben sich auf den Ertrag nicht schädlich ausgewirkt. Im Winterweizenversuch 2000, der diesem Ergebnis scheinbar widerspricht, zeigen die Verteilung der Punkte und das berechnete Bestimmtheitsmaß, dass gar keine Beziehung zwischen Triebzahl und Kornertrag besteht. Die Lage der Regressionskurve ist hier nur zufällig.

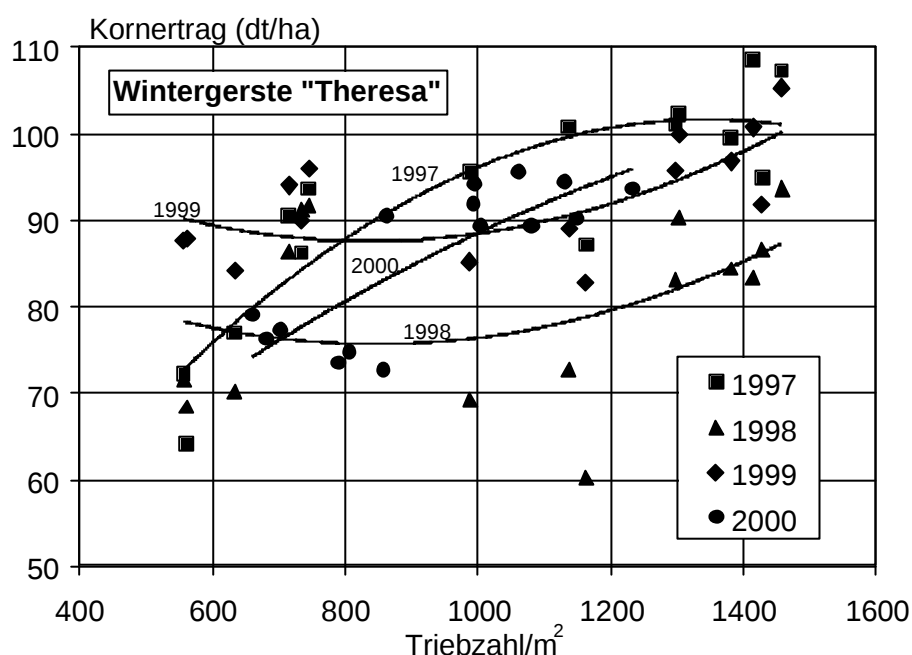


Abb. 3: Kornertrag von Wintergerste (Theresa) in Abhängigkeit von der Triebzahl/m² zu Schossbeginn in vier Versuchsjahren

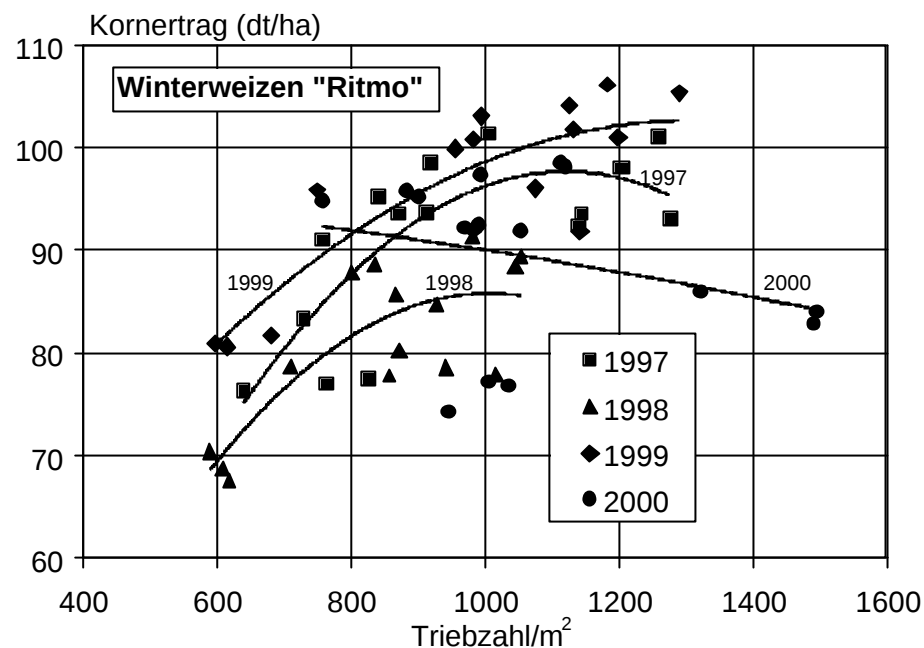


Abb. 4: Kornertrag von Winterweizen (Ritmo) in Abhängigkeit von der Triebzahl/m² zu Schossbeginn in vier Versuchsjahren

Ähnliche Schlussfolgerungen müssen aus der Darstellung der Kornerträge in Abhängigkeit von der Ährenzahl/m² gezogen werden (Abb. 5 + 6). Der Wintergerstenertrag stagniert ab etwa 600 Ähren/m². Nur 1999 erfolgt ein weiterer Ertragsanstieg über diese Bestandesdichte hinaus. Bei Winterweizen ist das Ergebnis differenziert. Ein Ertragsabfall mit zunehmender Bestandesdichte tritt aber auch hier nicht ein. Diese Aussage trifft bei genauer Analyse der Punkteverteilung auch für das Versuchsjahr 1999 zu.

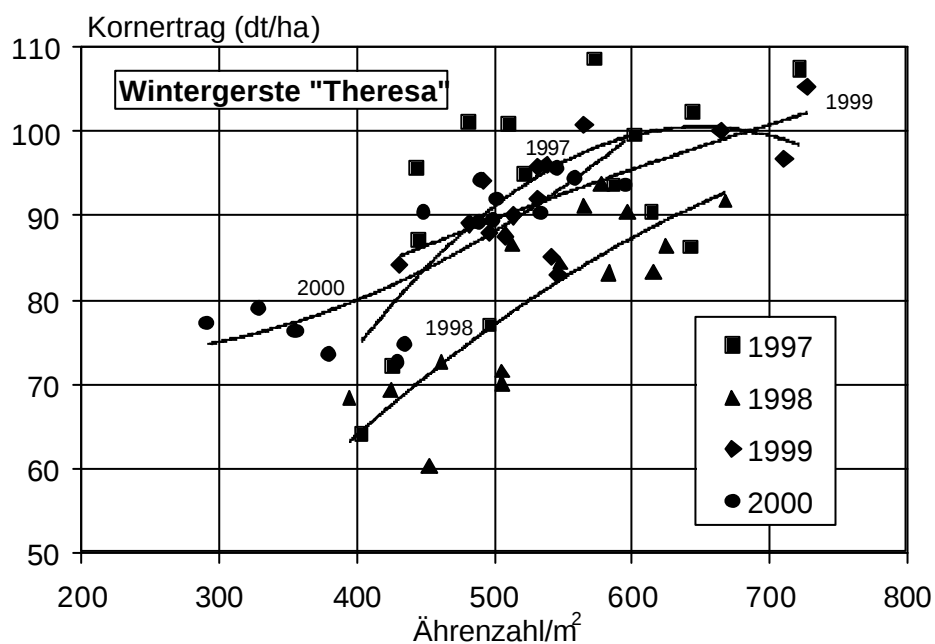


Abb. 5: Kornertrag von Wintergerste (Theresa) in Abhängigkeit von der Ährenzahl/m² In vier Versuchsjahren

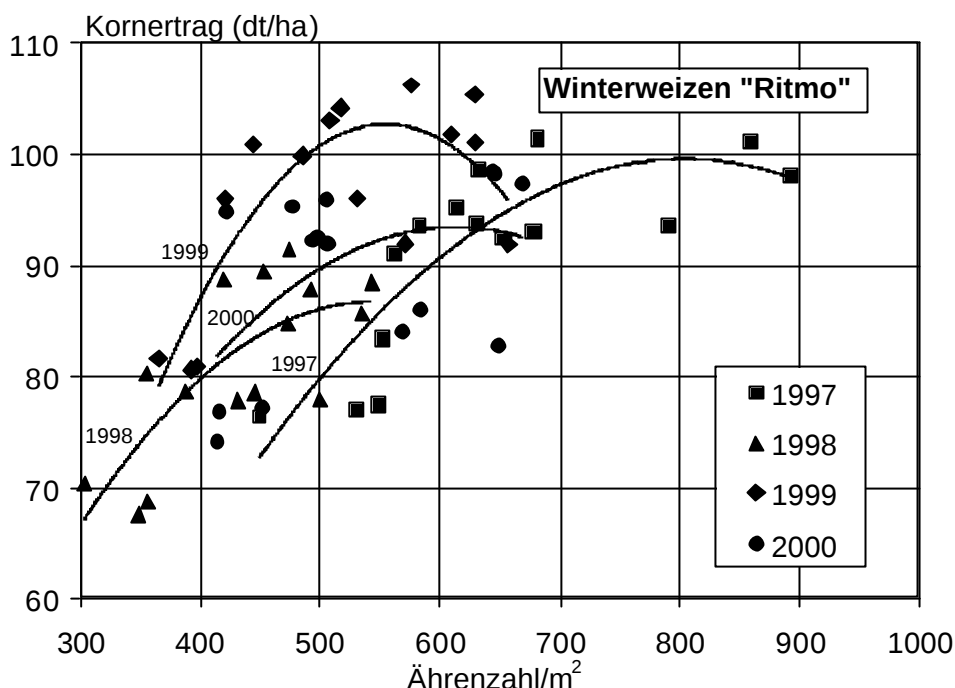


Abb. 6: Kornertrag von Winterweizen (Ritmo) in Abhängigkeit von der Ährenzahl/m² in vier Versuchsjahren

Schlussfolgerungen

- Aus den Ergebnissen kann die häufig vertretene Empfehlung, stark entwickelte Wintergetreide-bestände durch eine Verringerung der 1. N-Gabe im Frühjahr zu „bremsen“, schwach entwickelte Bestände durch die Erhöhung der 1. Gabe zu fördern, nicht gestützt werden.
- Eher scheint das Gegenteil der Fall zu sein, da stark entwickelte Bestände schon zu früheren Terminen einen höheren N-Bedarf haben als schwache.
- Die These, „überzogene“ Bestandesdichten wirkten sich auf den Kornertrag negativ aus, lässt sich aus diesen Ergebnissen ebenfalls nicht stützen.
- Ob und inwieweit diese Schlussfolgerungen auch für leichtere oder flachgründigere Standorte zutreffen, müssen weitere Versuche zeigen.

Ergebnisse zur Mikronährstoffdüngung in Kartoffeln

Haberland, Rudolf (Bernburg)¹:

Hohe Erträge und intensive Bewirtschaftung lassen die Ansprüche an eine ausreichende und ausgewogene Versorgung mit Mikronährstoffen steigen. Kommen standörtlich hohe pH-Werte und Nährstofffixierung besonders bei Trockenheit, einseitiger Entzug an Nährstoffen und die oft geringe Zufuhr von organischer Substanz hinzu, können Versorgungsprobleme an Mikronährstoffen auftreten.

Verfügbarkeit im Boden und Standortbedingungen

Die einzelnen Kulturpflanzen besitzen einen sehr unterschiedlichen Bedarf an Mikroelementen. Bei dikotylen, vegetativ betonten Pflanzen, wie Raps, Rüben oder Kartoffeln, ist er hoch und ein Mangelrisiko am größten.

Der Gesamtgehalt an Mikronährstoffen im Boden ist im allgemeinen um ein Vielfaches höher als der Pflanzenbedarf. Die geringe Konzentration in der Bodenlösung beruht darauf, dass die Elemente im Ausgangsgestein der Böden nur bedingt durch Verwitterung und Mineralisation freigesetzt werden.

Für den Kartoffelanbau haben besonders Mangan, Zink und Bor die wichtigste

Tab. 1: Mikronährstoffgehalte im Boden und Anspruch der Kartoffelpflanze

Mikronährstoff	Gehalt im Boden (mg/kg Boden)			mittlerer Entzug (g/ha)	Anspruch
	Gehaltsklasse C				
	Sl, IS	SL, sL	L, T		
Mangan	5 - 20 ¹⁾	10 - 25 ¹⁾	20 - 30	180 - 450	hoch
Bor	0,2 - 0,3	0,25 - 0,4	0,35 - 0,6	100 - 160	mittel
Zink	1 - 2,5	1,5 - 3	1,5 - 3	110 - 120	mittel
Kupfer	1,5 - 4,5 ²⁾	2 - 4,5	4 - 8	50 - 100	gering
Molybdän	6,4 - 7 ³⁾	6,8 - 7,8 ³⁾	7,2 - 8,2 ³⁾	2 - 8	gering

¹⁾ in Abhängigkeit vom pH-Wert ²⁾ in Abhängigkeit vom Humusgehalt ³⁾ Molybdänzahl = pH-Wert (10 x mg Mo/kg Boden)
Bedeutung (Tab.1).

Es sind vorwiegend die leichten bis mittleren diluvialen Kartoffelböden, die an Mangan, Bor und Kupfer verarmen können. PH-schwache Lößstandorte und diluviale Böden neigen zu Molybdänmangel. Ein Zinkdefizit kommt nur ganz vereinzelt und ohne regionale Zuordnung vor. Eisenbedarf fehlt, trotz meist hoher Gehalte der Böden an Eisenoxiden, nur in Ausnahmen auf Kalkböden.

Akute Mangelerkrankungen mit visueller Symptomausprägung sind relativ selten (Tab. 2).

¹ eMail: Rudolf.Haberland@llg.mrlu.lsa-net.de

Tab. 2: Aufgabe und Optimalgehalt von Mikronährstoffen in der Kartoffelpflanze

Nährstoff	Aufgabe	Gehalt (mg/kg TS) bei Blühbeginn ¹⁾	Mangelerkrankung
Mangan	Photosynthese (O ₂) Aktivator/Cofaktor von Enzymen	40 - 100	hellgrün-gelbe Flecken, später punktuell braune Nekrosen, Nitratanreicherung, Zunahme Schorfigkeit
Bor	verschiedene Stoffwechselsynthesen	25 - 70	Gewebe-, Blatt- und Wachstumsdepression, gestauchtes Wachstum, Vergilbung, später Dunkelfärbung
Zink	Aktivator/Cofaktor von Enzymen	20 - 80	Blatt- und Wachstumsdepression, Interkostalchlorose
Kupfer	Cofaktor von Enzymen	7 - 15	Aufhellung, Welke- und Absterbeerscheinung, Verfärbung in der Knolle
Molybdän	Nitratreduktase Cofaktor von Enzymen P-Stoffwechsel	0,2 - 0,8	flächige Blattaufhellung, später grau-weiß oft eingerollt
Eisen	Stoffwechsel- und Enzymkatalyse	-	Interkostalchlorose (Chlorophyll - Mangel)

1) nach Bergmann, 1991

Dagegen tritt latenter, d.h. ein noch nicht erkennbarer Schaden oder temporärer Mangel, häufiger auf. Zu beachten ist ferner, dass im engen Zusammenhang mit dem pH-Wert eine mehr oder weniger starke Festlegung der Mikronährstoffe im Boden erfolgen kann. So sind bei hohen pH-Werten Mangan, Bor Zink und Kupfer zum großen Teil festgelegt, während umgekehrt bei niedrigen Werten Molybdän für die Pflanzenwurzeln schlecht verfügbar ist.

Auf vielen Schlägen sind häufig gleich mehrere Nährstoffe im Minus, so dass sich Schädwirkungen summieren können. Auf jeden Fall ist es wichtig, turnusmäßig Untersuchungen von Bodenproben durchzuführen. Bei Gehaltsklasse A, sind mikronährstoffhaltige Bodendünger zur Ertrags- und Qualitätssicherung einzusetzen.

Bei Verdacht auf Mangel sind auch kurzfristig Blattanalysen möglich. Insbesondere bei relativ trockenen Sommern liegt eine zeitweise schlechte Verfügbarkeit von Mikronährstoffen im Boden vor. In solchen Situationen kann eine Blattdüngung schnell wirksam werden und Wachstumsstörungen beseitigen.

Im Vergleich zur Bodendüngung ist der Ernährungsvorgang wesentlich effektiver. Eine weitere Motivation für die Blattdüngung wird in einem Ausgleich von Pflanzenstress gesehen, wie er bei ungünstiger Witterung oder bei Pflanzenschutzmaßnahmen auftreten kann. Hinzu kommt, dass Blattdünger relativ preiswert angeboten werden und sich zusammen mit Pflanzenschutzmaßnahmen ohne Mehraufwand ausbringen lassen.

Feldversuche auf Lößboden

Zu Blattspritzung wurden in Bernburg über mehrere Jahre exakte Feldversuche angelegt. Es war zu klären, ob selbst bei ausreichender Nährstoffversorgung eine begleitende Blattdüngung mit Mikronährstoffen vorteilhaft auf die Ertrags- und Stärkebildung der Kartoffeln wirkt. Einbezogen wurde ein Vergleich von für die in der Praxis angebotenen Pflanzenschutzmitteln. Der Standort ist ein schluffige Lehme auf Primärlöß mit Ackerzahlen um 80-90. Die Bodenuntersuchungen auf Mikronährstoffe

zeigen hohe Versorgungswerte für Bor und Zink (Gehaltsklasse E), eine mittlere Versorgung für Kupfer und Molybdän (Gehaltsklasse C) und niedrige bis mittlere Gehalte für Mangan. Der pH-Wert liegt im alkalischen Bereich von 7,1 bis 7,4. Die N-Düngung erfolgte mit Kalkammonsalper.

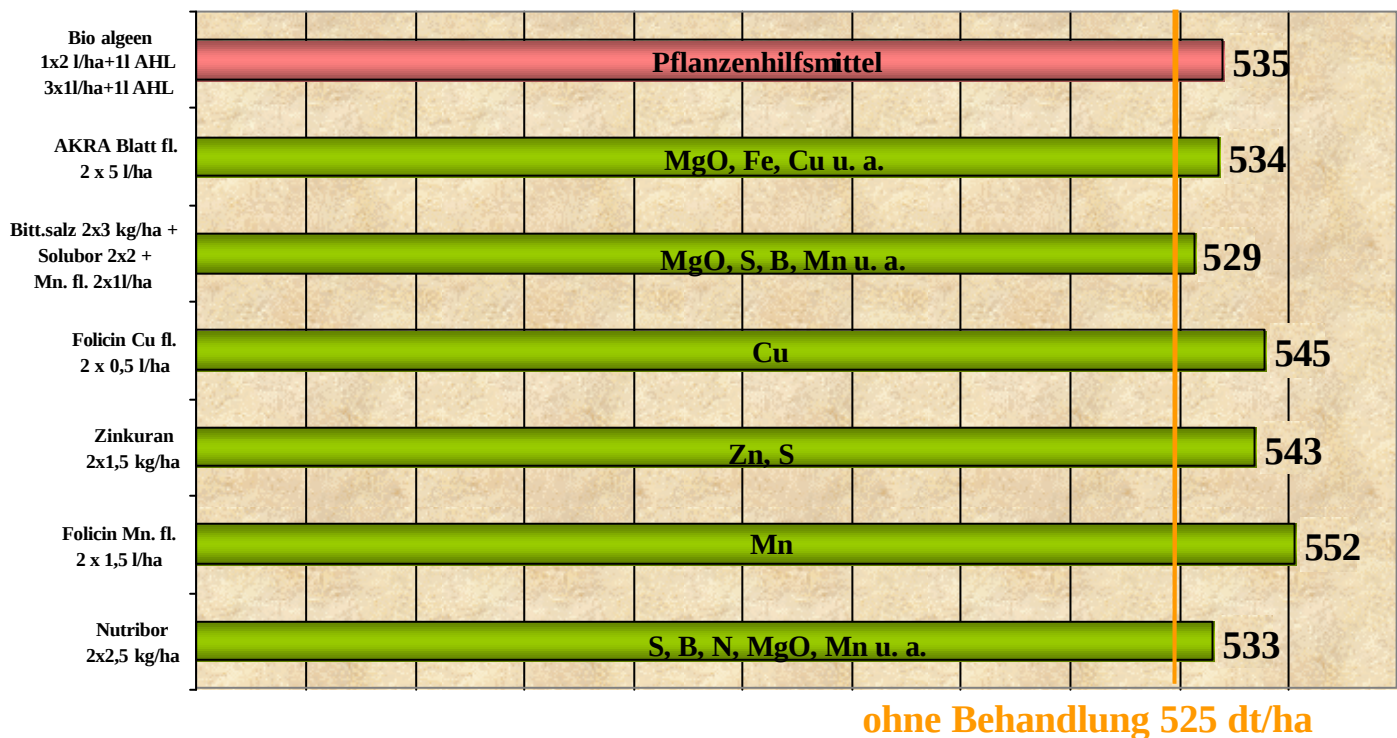
Die Versuchsergebnisse waren leicht positiv, obwohl sich durch die Blattdüngung nicht in jedem Jahr eine Erhöhung des Knollenertrages einstellte. Im Mittel aller Varianten und Jahre waren es Mehrerträge um 20 dt/ha.

Das positive Ergebnis wird vor allem in der optimalen Kombination der wichtigsten Mikronährstoffe für die Blattgesundheit Kartoffeln gesehen. Dominant waren Mangan, aber auch der Sekundärnährstoff Magnesium.

Priorität über mehrere Jahre erzielte die Nährstoffmischung *Fetrilon Combi* (9 % MgO; 4 % Mn; 4 % Fe u.a.) und *Folicin Mangan flüssig* (8 % Mn), letzteres mit hoher Konstanz. Auch für die allgemein wenig beachteten Nährstoffe, wie Zink und Kupfer, deutete sich im Versuch 2001 ein ertragsfördernder Effekt an (Abb.1).

Abb. 1: Blattspritzung in Kartoffeln Sorte "Ditta"

LLG Bernburg, 2001 Ertrag in dt/ha



Alle Blattspritzungen bewirkten im Mittel der Jahre und Varianten keine wesentlichen Veränderungen im Stärke- und Nitratgehalt. Unterschiede in einzelnen Jahren wurden durch Witterungsbedingungen verstärkt. In Jahren mit optimalen Entwicklungsverläufe, d. h. in erster Linie einer guten Wasserversorgung, steigt die Anforderung der Kartoffeln an Mikronährstoffe. Gleichzeitig verbessert sich aber auch die Reduktion von Mikronährstoffe aus dem Boden. Im relativ niederschlagsreichem Jahr 2001 führte die Manganblattspritzung zu einer Zunahme im Stärkegehalt.

In der Variante „*Fetrilon Combi*“ wurden exemplarisch in zwei Jahren vor und nach der Blattdüngung Blattanalysen durchgeführt und mit der Kontrollvariante „ohne Blattdünger“ verglichen. Dabei stellte sich bereits in kurzer Zeit nach der Anwendung von *Fetrilon Combi* deutlich höhere Nährstoffgehalte im Kartoffelkraut ein. Die Gehalte an Mangan, Kupfer, Zink und Molybdän erhöhten sich im allgemeinen um 10

bis 20 %. Dieser Sachverhalt weist darauf hin, dass sich mit einer Mikronährstoffspritzung im frühen Wachstumsstadium sehr schnell in der Pflanze erhöhte Nährstoffgehalte einstellen.

Mitgeprüfte Pflanzenhilfsstoffe beeinflussten den Ertrag nicht immer, in einzelnen Jahren waren sie mit der Mikronährstoffwirkung vergleichbar.

Zusammenfassung

Die in den Bernburger Versuchen zu Kartoffeln ermittelten Ergebnisse bestätigen trotz ausreichender Nährstoffmengen im Boden leichte Ertragseffekte durch Blattdüngung. Zur Vorbeugung und Aufhebung von verdeckten Mängeln empfehlen sich preiswerte Blattspritzungen.

Vorrang sollte eine gezielte Versorgung mit Mangan und Magnesium im frühen Wachstumsstadium (Beginn der Knollenausbildung bis zur Blüte) und zweimal in Folge haben.

Verwertung von Klärschlamm-Vererdungssubstraten in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau.

Schröder, Dietmar (Trier); Schneider, Raimund; Basner, Claudia

1. Einleitung

Da die Diskussionen um die Verwertung von Klärschlämmen in der Landwirtschaft bis heute sehr kontrovers ist (Witte 2000), werden seit einigen Jahren die Bemühungen forciert, den Klärschlamm durch eine Weiterbehandlung zu optimieren (Wähning, 2000). Ein Verfahren, das zunehmend Interesse findet, ist die Klärschlammvererdung. Hierbei wird der Klärschlamm in Schilfbeeten entwässert und teilweise mineralisiert, was zu einer Volumenreduzierung von bis zu 95 % führt.

Durch die Entwässerung sinken die Transportkosten erheblich. Zudem ist der vererdete Klärschlamm mit üblichen Miststreuern auszubringen. Vor allem aber werden ein weitergehender Abbau organischer Schadstoffe und eine fortgesetzte Hygienisierung möglich. Denkbar ist auch, dass die Verfügbarkeit von Schwermineralen abnimmt. Darüber hinaus wird eine preiswerte Rückführung der Nährstoffe in den Kreislauf möglich. Insgesamt sind also einige Vorteile mit der Vererdung verbunden (vgl. Pauly et al., 1997).

In der vorgestellten Arbeit sollte in einem Gefäßversuch vor allem untersucht werden, ob bei der Verabreichung von Gaben vererdeten Klärschlammes nach Klärschlammverordnung eine erhöhte Stickstoff-, Phosphor- und Schwermetallauswaschung erfolgt, welche Ertragswirkung erreicht wird und ob ein merklicher Schwermetalltransfer in die Pflanzen erfolgt.

2. Material, Methoden, Versuchsaufbau

Klärschlamm-Vererdungsanlagen sind betonierte Polder mit Sicherwasserabzug und Nachklärung des Sickerwassers. Die Beschickung mit Klärschlamm erfolgt im Laufe von ca. 15 Jahren bis zu 10 mal jährlich. Nach einigen Tagen der Sedimentation wird der Überlauf abgezogen und nachgeklärt. Mit Beendigung der Zufuhr beginnt ein Reifungsprozess. Zunächst liegen im gesamten Vererdungskörper anaerobe Verhältnisse vor, so dass ein Ausfäulungsprozess stattfindet. Mit zunehmender Entwässerung nach unten (Entwässerungsroste) und oben (Verdunstung), Wasserentzug durch angesätes Schilf sowie Selbstbegrünung durch nitrophile Pflanzen wie Brennesseln, Tomaten usw. setzen aerobe Prozesse ein, so dass von oben nach unten fortschreitend eine Verbraunung und Vererdung des schwarz-grauen Schlammes einsetzt. Im Zuge der Entwässerung nimmt der Wassergehalt von ca. 95% auf ca. 25% ab.

Die untersuchten, vererdeten Klärschlämme entstammten zwei Vererdungsanlagen aus Rheinland Pfalz (Wiltingen und Wallersheim). Das Alter der Substrate beträgt für die Anlage in Wiltingen mehr als 2 Jahre, in Wallersheim mehr als 5 Jahre. Frischer Klärschlamm für Vergleichsuntersuchungen wurde von der Kläranlage in Konz zur Verfügung gestellt.

Der Gefäßversuch bestand insgesamt aus 8 Varianten mit je 3 Wiederholungen, wovon nachfolgend die Untersuchungsergebnisse von 4 Varianten vorgestellt

werden. Bei den hier nicht erläuterten Versuchsvarianten handelt es sich um jüngere Vererdungssubstrate, die in der Praxis noch keine Anwendung finden, da die Gesamtaufbringungszeit für den zu vererdenden Klärschlamm mit ca. 15 Jahren veranschlagt wird. Die dargestellten Versuchsbefunde stammen von einer älteren Pilotanlage deren Substrat zu Versuchsbeginn zwischen 5 und 8 Jahre alt war.

Die Versuchsgefäße waren 40 cm tief und hatten eine Grundfläche von 0,2 m². An der Basis wurde eine Dränschicht zur Ableitung des Sickerwassers eingebaut. Die Befüllung erfolgte mit Krumenmaterial einer sandig lehmigen Braunerde aus dem oberen Buntsandstein (Tab. 1). Die Düngung erstreckte sich auf frischen bzw. vererdeten Klärschlamm entspr. 5t/ha x Jahr. Eine Variante bestand aus 100% älterem vererdetem Klärschlamm, die Nullvariante erhielt keine Düngung. Die Gefäße wurden mit Deutschem Weidelgras im April 1999 eingesät und mehrfach beerntet. Zur Aufrechterhaltung ausreichender Bodenfeuchte und Produktion von Sickerwasser wurde bei Trockenheit periodisch zusätzlich bewässert.

Tab. 1: Versuchsvarianten:

Variante 1: Vererdeter Klärschlamm, 5 – 8 Jahre, 30 cm

Variante 2: Ackerboden, sandig-lehmig, 30 cm (=Kontrolle)

Variante 3: Ackerboden (30 cm) + vererdeter Klärschlamm (5-8 Jahre), entspr. 5t TS/ha

Variante 4: Ackerboden (30 cm) + frischer Klärschlamm, entspr. 5t TS/ha

Bei den Untersuchungen wurden folgende Methoden verwendet:

Pflanzen und Substrate:

- Gesamt-Nährstoffe und Schwermetalle: Gesamtaufschluss (Druckbombe, HNO₃)
- Pflanzenverfügbare Nährstoffe: CAL-Aufschluss, Photometer, AAS

Sickerwasser:

- Filtration, Photometer, AAS

3. Ergebnisse

3.1 Substrate bei Versuchsbeginn

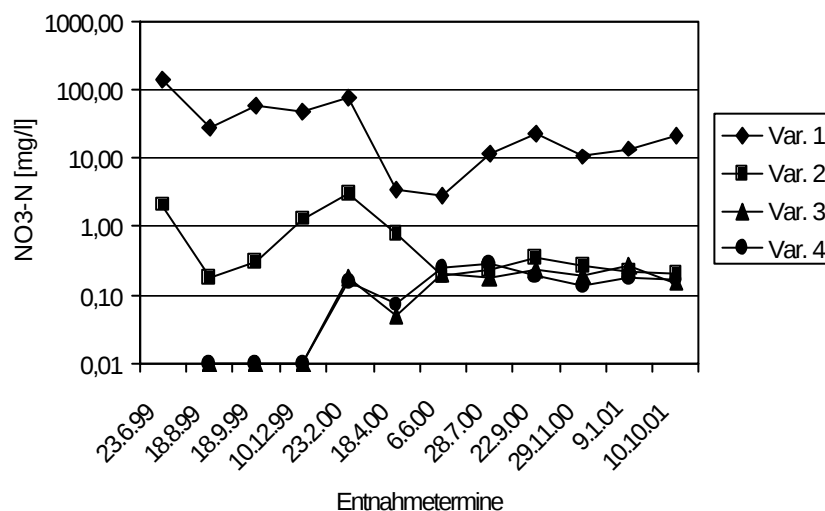
Die Analysendaten der Ausgangssubstrate bei Befüllung der Gefäße, sind in Tab. 2 zusammengestellt. Sie zeigen, dass die pH-Werte des vererdeten Klärschlamm (Var. 1) etwas über den Boden-Klärschlamm-Varianten (Var. 3 u. 4) liegen. Alle übrigen Werte (C, N, P, Schwermetalle) liegen hingegen deutlich darüber. Die Schwermetallgehalte des vererdeten Klärschlamm sind etwas niedriger als die des frischen Klärschlamm und liegen deutlich unter den Grenzwerten der Klärschlamm-Verordnung. Der Boden (Var. 2) hat durch die einmalige Zugabe von vererdetem (Var. 3) und frischem Klärschlamm (Var. 4) keine nachweisbare Schwermetallanreicherung erfahren. Die Gehalte an C, N und P sind in den Klärschlämmen recht hoch, so dass die Bodengehalte durch Zugaben messbar angestiegen sind.

Tab. 2: Bodenchemische Kennwerte der Varianten bei Versuchbeginn

	pH	C [Gew.%]	N [Gew.%]	P CAL [mg/kg]	Zn [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Cu [mg/kg]
Var. 1	5,78	15,17	1,38	457,5	1266,2	0,204	166,9
Var. 2	5,25	0,91	0,10	25,1	46,2	0,019	8,7
Var. 3	5,18	1,03	0,12	34,2	49,2	0,025	8,4
Var. 4	5,27	1,17	0,11	32,2	50,7	0,023	8,3
KS frisch	6,90	44,2	2,00		1400,0	1,900	281,0

3.2 Nitrataustrag mit dem Sickerwasser

Die Ergebnisse können nicht unmittelbar auf natürliche Verhältnisse übertragen werden, da den Gefäßen der Unterboden fehlt. Sie haben allenfalls für flachgründige durchlässige Böden einen praktischen Orientierungswert und dürfen als Höchstwerte angesehen werden.

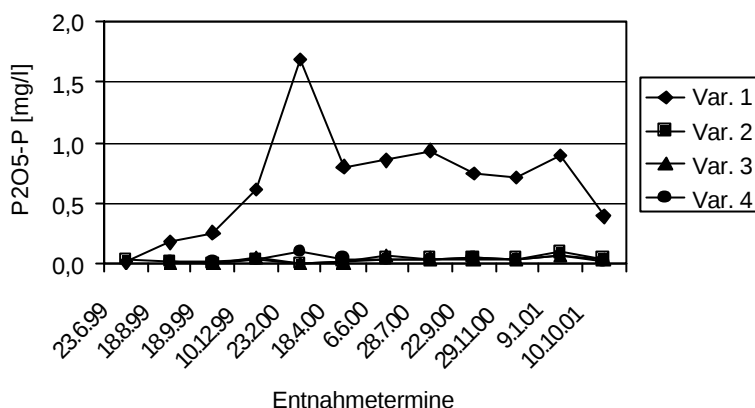
Abb. 1: NO₃-N Austrag im Sickerwasser (n=3)

Die Nitratgehalte der übrigen Klärschlammvarianten sind im ersten Jahr sogar niedriger als die der Kontrollvariante und gleichen sich im zweiten und dritten Versuchsjahr an. D.h., dass etwa 5t KS-Trockensubstanz (entsprechend etwa 100 kg Gesamt-N) selbst unter diesen ungünstigen Bedingungen (flachgründig) nicht zu unvertretbarer Nitratauswaschung führen. Zwischen veredetem und frischem KS lassen sich keine Differenzen ausmachen.

Zudem sind die relativen Unterschiede zwischen den Varianten aufschlussreich (Abb. 2). Der veredete Klärschlamm (ohne Bodenzugabe, nicht praxisgerecht) hat naturgemäß zu hohen, teilweise deutlich über dem Trinkwasserrichtwert von 11,3 mg NO₃-N liegenden Nitratgehalten im Sickerwasser ge-

3.2 Phosphataustrag mit dem Sickerwasser

Der P-Austrag aus dem reinen Vererdungssubstrat steigt im Laufe des ersten Jahres, vermutlich durch Mobilisierung an und nimmt im Laufe des 2. Jahres



allmählich ab (Abb. 2, Var. 1). In den mit Klärschlamm gedüngten Varianten (Var. 3 u.4) ist der Austrag hingegen während des gesamten

Untersuchungsraums gering und gegenüber der Kontrolle nicht erhöht.

Abb. 2: P₂O₅-P Austrag im Sickerwasser (n=3)

3.3 Schwermetallausträge mit dem Sickerwasser

Nur beim Kupfer (Abb. 3a) ist in der Anfangsphase eine erhöhte Konzentration im Sickerwasser des Vererdungssubstrates zu erkennen, nicht jedoch beim Zink und Cadmium (Abb. 3 b u. c). Im weiteren Verlauf weisen weder das KS-Substrat noch die Substrat-Bodengemische höhere Werte auf als die Kontrolle. Alle gemessenen Schwermetallausträge lagen unter den Werten der Trinkwasserverordnung. D.h., die mit dem Klärschlamm zugeführten SM-Mengen werden nur zu geringen Teilen – selbst aus diesen flachgründigen Böden – ausgewaschen.

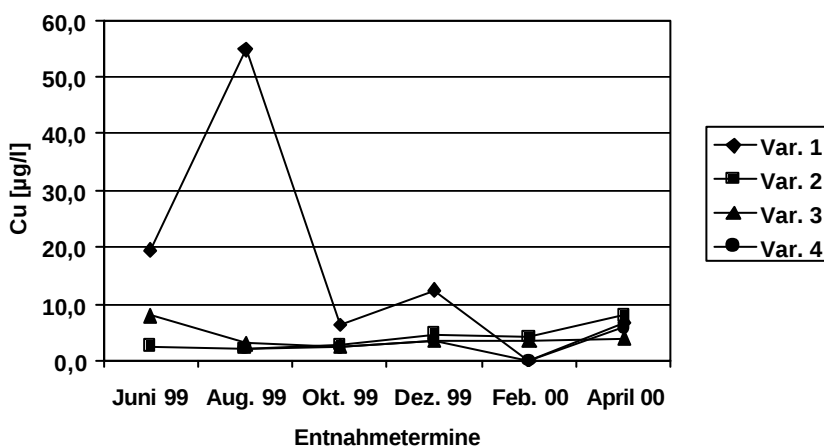


Abb. 3a: Kupferausträge im Sickerwasser (n=3)

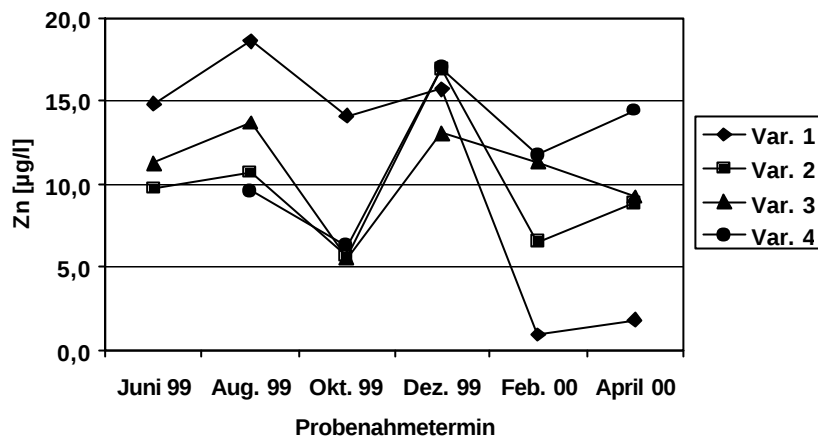


Abb. 3b: Zinkausträge im Sickerwasser (n=3)

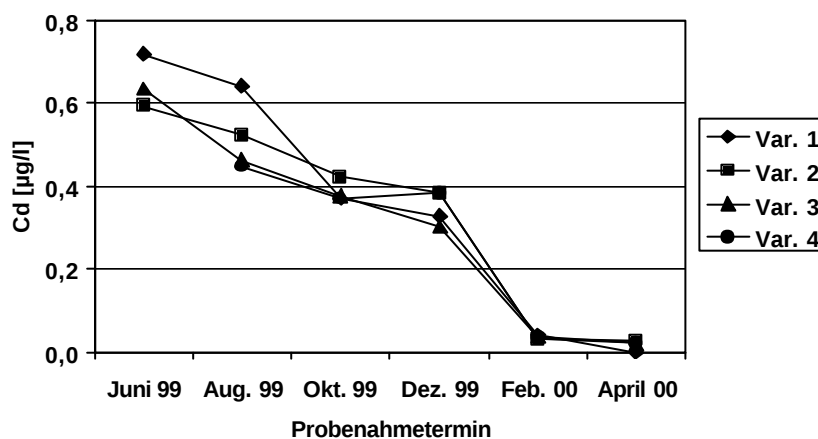


Abb. 3c: Cadmium im Sickerwasser (n=3)

3.4 Schwermetallgehalte in den Pflanzen

Bei der reinen Klärschlammvererdungsvariante liegen die Werte nach einem Jahr geringfügig höher als bei den anderen Versuchsgliedern (Abb. 4). Insgesamt

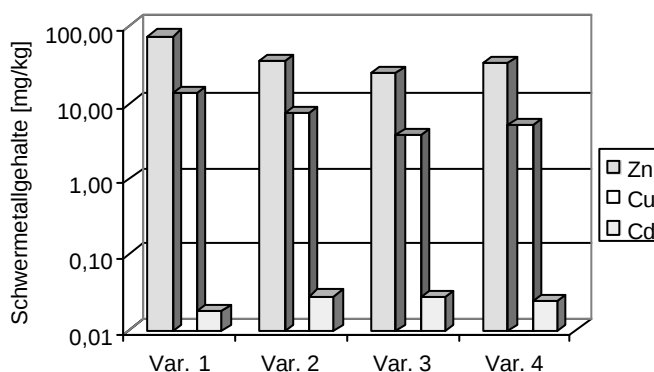


Abb. 4: Schwermetallgehalte in den Pflanzen (n=3)

entsprechen die Schwermetallgehalte in den Pflanzen aller Varianten ein Jahr nach Versuchsbeginn den in der Literatur angegebenen durchschnittlichen Pflanzengehalten (Scheffer et al. 1998).

3.5 Erträge

Die Variante 1 „Klärschlammvererdung“ bringt mit Abstand die höchsten Erträgen (Abb. 5), sowohl zur ersten Ernte als auch zu den nachfolgenden und belegt die unmittelbare und anhaltende Stickstoffwirkung. (Die übrigen Nährstoffe sind nicht ertragsbegrenzend). Die Variante 2 „Boden und Vererdungssubstrat“ weist zwar nicht zum ersten, wohl aber zu den nachfolgenden Terminen geringe Ertragssteigerungen gegenüber der Kontrolle ohne Vererdungsmaterial auf. Höhere Erträge liefert aber

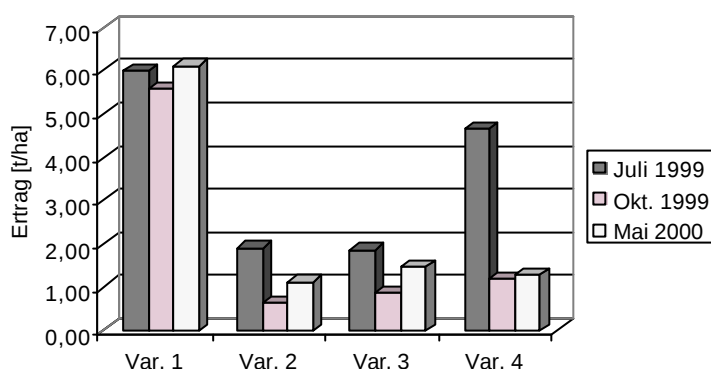


Abb. 5: Erträge von Welschem Weidelgras (n=3)

Aufgrund des geringen Nitrataustrages und des nicht ausgeschöpften Ertragspotentials wären auch höhere Klärschlammgaben akzeptabel als sie die KSVO zulässt.

zum ersten und zu den nachfolgenden Terminen die Variante Boden + frischer Klärschlamm. Offenbar ist hier der Anteil leicht verfügbarer N-Fraktionen höher als im vererdeten Klärschlamm. Insgesamt zeigen die Erträge, dass vererdeter und frischer KS erheblich zur Nährstoffversorgung und Ertragssteigerung beitragen können.

4. Fazit

Klärschlammvererdungssubstrate ohne oder mit geringer Schadstoffbelastung sind in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau zur Bodenverbesserung einsetzbar.

Literatur: Pauly, U. et al. (1997): Zehn Jahre Klärschlammvererdung in Schilfbeeten.- Korrespondenz Abwasser, 44, H. 10, 1812-1822 // Witte, H. (2000): Zukunft der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung unter Einbeziehung der europäischen Entwicklung.- Korrespondenz Abwasser, 47, H. 4, 822-831 // Wähning, U. (2000): Entwässerung von Dünnschlamm aus der Reinigung von Deponie- u. Kompostierwasser mittels Schilfbeeten.- Korrespondenz Abwasser, 47, H. 4, 527-532 // Scheffer et al. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde.- Stuttgart

Praxisorientierte Ansätze zur qualitativen Beurteilung der organischen Substanz von Komposten bezogen auf deren Humuswirkung im Boden

Leifert, Irmgard (Viersen)¹; Max, Volker, Rieß, Peter

Praxisorientierte Ansätze zur qualitativen Beurteilung der organischen Substanz von Komposten bezogen auf deren Humuswirkung

Einleitung

- Unter Berücksichtigung der Mengenvorgaben der Bioabfallverordnung (20 bfw. 30 t TS/ha/3a) werden bezogen auf einen Kompost mit 30 % organischer Trockenmasse und 40 % Wassergehalt, bei einer Kompostausbringung jährlich ca. 3,6 t – 5,4 t organische Trockenmasse dem Boden zugeführt. Die bislang rein quantitative Bewertung über die zugeführte Masse an organischer Substanz -bei Komposten basierend auf der Glühverlustmethode- lässt jedoch keine differenzierte Betrachtung der zu erwartenden Humuswirkung bzw. des Humusbildungspotentials im Boden zu. Die Qualität der organischen Masse der verschiedenen organischen Dünger, Wirtschaftsdünger und Bodenhilfsstoffe wird heute insbesondere über den stoffspezifischen Parameter C/N-Verhältniss und damit die Mineralisationsrate definiert.
- Erste Untersuchungsergebnisse zu Rohfasergehalten von Kompostprodukten, die die W.U.R.M. GmbH in den Jahren 1995 und 1997 durchführte, zeigten, dass im Mittel ca. 50% der als Glühverlust ermittelten organischen Masse Humusverbindungen (Basis C-Methode nach Lichterfeld x 1,724) sind. Der absolute Gehalt an Rohfaser betrug in der Kompost-Trockenmasse ca. 10-15 %, was bezogen auf die gesamte organische Masse einen relativen Anteil von ca. 30 % ausmacht. Weiterführend sollten diese Untersuchungsparameter anhand definierter Kompostprodukte überprüft und deren Aussagefähigkeit im Hinblick auf deren Humuswirkung im Boden spezifiziert werden.

Zielsetzung

- Im Rahmen einer möglichen Weiterentwicklung eines Bewertungssystems wurde daher geprüft, ob neben den gegenwärtig in der Praxis der Kompost- und Bodenuntersuchung angewandten Analysenmethoden zur Bestimmung der Kohlenstoffgehalte, weitere Parameter als Kenngrößen für die stabile, schwer abbaubare organische Masse heranzuziehen sind. Insbesondere für Komposte wurde mit diesem Ansatz das Ziel verfolgt, über einen zusätzlichen Untersuchungsparameter ein Maß für die Abbaubarkeit der organischen Masse zu gewinnen. Somit könnten bereits zu Beginn der Produktion Kenndaten zu unterschiedlichen Kompostprodukten (z.B. Bodenhilfsstoffe, Org. NPK-Dünger) vorliegen.
- Als Kenngrößen wurden insbesondere die Analysenparameter
 - „RF-Fraktion“ [Weender-Analyse zur Rohfaserbestimmung, abgewandelt]
 - „ADF“ [van Soest-Analyse, abgewandelt]

¹ W.U.R.M. GmbH, Düsseldorfer Str. 19, 41749 Viersen, Tel. 02162/969816, eMail: irmgard.Leifert@wurm-gmbh.de

- „NDF“ [van Soest-Analyse, abgewandelt]
- Parallel sollte in den Kompostprodukten und Wirtschaftsdüngern die Bestimmung des Humusanteils über die anerkannten und für die Praxis relevanten Methoden Glühverlust und Kohlenstoffbestimmung nach Lichterfelde (Cox) sowie der Verbrennungsmethode erfolgen. Damit konnten material- bzw. stoffspezifische Quotienten errechnet werden, die die Relation des Gesamtgehalt an Humus zum stabilen Humusanteil darstellen.
- Die Eignungsfähigkeit der festgelegten Parameter und die Aussagefähigkeit derartiger „Humus-Quotienten“ war zu überprüfen und sollte möglichst an einer langjährig mit Kompost beaufschlagten Ackerfläche validiert werden. Basis dafür waren Versuchsergebnisse aus einem 1994 angelegten und bis 2002 laufenden Kompost- und N-Verteilungsversuch der Landwirtschaftskammer Rheinland, der in Zusammenarbeit mit der W.U.R.M. GmbH durchgeführt wurde (Versuch Nr.1.GBKV.94).

Im Zeitraum von Mai bis August 2002 wurden unterschiedliche Kompostproben aus den Kompostierungsanlagen der W.U.R.M. GmbH „KO“, „W0“, „VIE“ und „VZEK“ von der LUFA Bonn auf die o.g. Parameter analysiert.

Aus dem Kompost- und N-Verteilungsversuch der Landwirtschaftskammer Rheinland, der in Zusammenarbeit mit der W.U.R.M. GmbH durchgeführt wurde, wurden im Mai 2002 aus allen Versuchsvarianten, -gemittelt über die Wiederholungen-, Bodenproben gezogen und laut Versuchsplan analysiert (Versuch Nr.1.GBKV.94).

Die Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsstation Bonn (LUFA Bonn) führte sowohl die Boden als auch Kompostanalytik durch. Aus dem eigenem Materialdepot der LUFA Bonn wurden Proben von Wirtschaftsdüngern für die Analytik herangezogen.

Versuchsergebnisse

Boden: Humusgehalte in Abhängigkeit von der Kompostdüngung, NR.1 GBKV1992-2002, Landwirtschaftskammer Rheinland

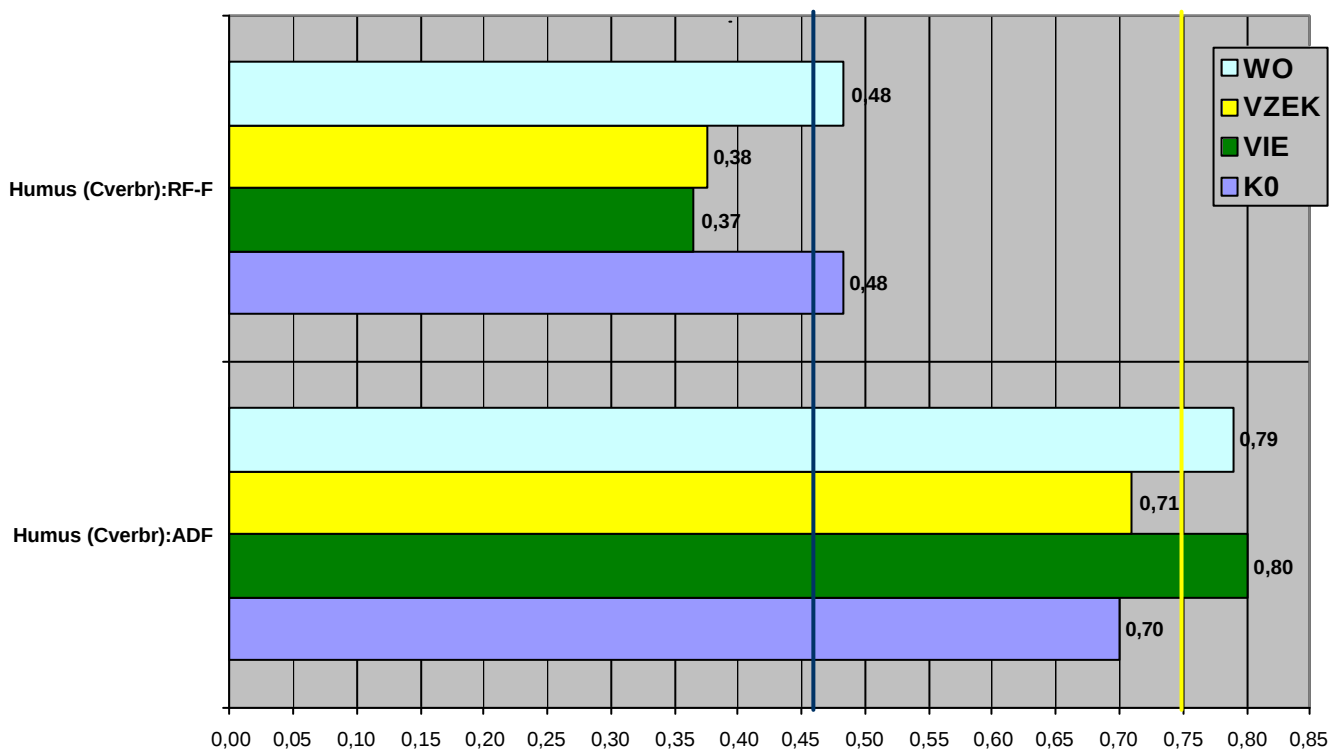
Nr.	Block (Kompost)	Org.Subst. (% TS) ^{*)}	Februar 1995	März 1997	März 1998	März 1999	März 2000	Februar 2001	April 2002 Humus (C-Verbr.)
1									
2	I		2	2,3	2,1	2,1	2,1	2,1	2,14
3									
4									
5	II	1,60 t/ha/a	2,1	3,7	2,2	2,2	2,4	2,4	2,21
6									
7									
8	III	3,10 t TS/ha/a	2,6	2,4	2,2	2,1	2,2	2,3	2,36
9									
10									
11	IV	4,5 t TS/ha/a	2	2,3	2,7	2,2	2,3	2,3	2,49
12									

*) ber. Kompost mit 30 % OS (Glühverlust in %TS) und 60 % TS

Block II: Untersuchung Bodenuntersuchungen, Nr. 1GBKV 1994-2000, LWK-Rheinland

- Die Glühverlustmethode ist für die Bestimmung der organischen Masse in Böden ungeeignet.
- Der Humusgehalt in den Versuchsvarianten stieg mit zunehmenden Kompostgaben tendenziell leicht an. Der standorttypische Humusgehalt der Braunerde aus Löss betrug zu Versuchsbeginn 2 % TS. Die höchste Steigerung des Humusgehalts wurde in den Böden der Versuchsvariante IV bei einer jährlichen Applikation von ca. 4,5 t organischer Trockenmasse ermittelt.
- Die in den Versuchsvarianten ermittelten "RF-Fractionen" der Böden betrugen 1,18 % (ohne Kompostdüngung) bzw. 1,31 % (4,5 t organische Substanz TS/ha/a).
- Bezogen auf den Humusgehalt des Bodens (C-Verbrennung) liegen ca. 54 % der organischen Masse als schwer abbaubare RF-Fraktion vor. Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten (Kompost Variante I-IV) waren nicht zu erkennen. Es ist davon auszugehen, dass sich unabhängig von der Höhe der Kompostdüngung im Boden Gleichgewichtsverhältnisse einstellen, die sowohl den standorttypischen absoluten Humusgehalt als auch den abgeleiteten RF-F-Anteil bestimmen.

Humus/RF-F- und Humus/ADF-Quotienten von Kompostprodukten,



Block I: Untersuchung unterschiedlicher Kompostprodukte

- Die "RF-Fraktion" variiert in den untersuchten Kompostprodukten insbesondere in Abhängigkeit von der Art und Zusammensetzung des kompostierten Inputmaterials und der Verfahrenstechnik zwischen 11 und 20 % TS.
- Die Relation der Humus-Gehalte (C-Verbrennung) zur RF-Fraktion von 0,37 bis 0,48 lassen die Spannweite in den Gehalten an stabiler organischer Masse von Komposten erkennen.
- Eine Differenzierung des Humusquotienten von Komposten anhand der Materialherkunft bzw. des Nährstoffgehalts (Bodenhilfsstoffe bzw. Organischer NPK-Dünger N-P-K /0,5 - 0,3 - 0,5 % TS) ist auf den Untersuchungsumfang bezogen in der Tendenz erkennbar, bedarf aber einer weiteren Überprüfung.
- Die Spannweite in den Gehalten der ADF-Fraktion von 20- 33 % TS spiegeln den nach van Soest ermittelten Gehalt an Zellulose und Lignin in den Komposten wider. Bezogen auf den Humusgehalt der Komposte (C-Verbrennung) liegen somit ca. 70-80 % der organischen Masse in mittel bzw. schwer abbaubarer Form vor.

W.U.R.M. GmbH, Düsseldorfer Str. 19, 41749 Viersen, Tel. 02162/969816, E-Mail: Irmgard.Leifert@wurm-gmbh.de

Kurzzeitige Variation von chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften in Dauerfeldversuchen nach langfristiger Düngung mit Klärschlamm und Kompost.

Breuer, Jörn (Stuttgart)¹; Schulz, Rudolf²; Röhmheld, Volker²:

Hintergrund

Bei der Düngung mit Sekundärrohstoffdüngemitteln besteht eine erhebliche Unsicherheit in der Vorhersage der Mineralisierung der verfügbaren Nährstoffe. Dabei interessiert neben der langfristigen Wirkung, wie etwa der Anreicherung von Nährstoffen im Boden auch die kurzfristige Freisetzung frisch gedüngter Nährstoffe. Von großem Interesse ist zudem die den Boden verbessernde Wirkung von Sekundärrohstoffdüngemitteln mit hohen Gehalten an organischer Substanz. Beide Wirkungen von Sekundärrohstoffdüngemitteln hängen von deren Umsetzungsverhalten im Boden ab. Die Umsetzung von Sekundärrohstoffdüngemitteln im Boden findet unter Beteiligung von Mikroorganismen statt, so dass von Bodeneigenschaften, Pflanzenbewuchs und aktuellen klimatischen Einflüssen entscheidende Einflüsse auf die Mineralisation von Pflanzennährstoffen und das aktuelle physikalische Verhalten des Bodens (Aggregation, Wasserhaltefähigkeit) zu erwarten sind.

In zwei langfristig angelegten Feldversuchen wird in Hohenheim die Eignung von Klärschlamm (seit 1972) und Kompost (seit 1996) als Düngemittel geprüft. Im Klärschlamm-Versuch wurden zwischen 1972 und 1989 Klärschlamm-mengen von 5, 15 und 30 t Klärschlamm-Trockensubstanz ha⁻¹ a⁻¹ aufgebracht, seitdem erfolgt die Düngung mit Mineraldüngern. Die langjährige Düngung mit Klärschlamm hat auf den hochgedüngten Parzellen zu einer Erhöhung der Gehalte an organischer Substanz und Gesamt-Stickstoff, aber auch an Schwermetallen geführt. Seit Einstellen der Klärschlamm-düngung stehen Fragen der langfristigen Nachwirkungen des Klärschlammes im Vordergrund des Interesses. Im Kompost-Versuch sollen Fragen zur Stickstoffwirkung von Bioabfallkompost untersucht werden. Es werden zu einer ortsüblichen Fruchtfolge 100 und 400 kg ha⁻¹ a⁻¹ Stickstoff in Form von Bioabfallkompost ausgebracht. Beide Versuche enthalten Kontrollvarianten (Null- und Mineraldünger(NPK)-Parzellen). Im Bewirtschaftungsjahr 2002 wurden auf dem Klärschlammversuch Zuckerrüben angebaut, auf dem Kompostversuch Sommergerste.

Um Informationen über die kurzzeitige Variation von Bodeneigenschaften (verfügbare Nährstoffgehalte, verfügbare Schwermetallgehalte, physikalische Bodeneigenschaften) zu erhalten, werden in beiden Versuchen im Abstand von zwei Wochen Proben des Oberbodens entnommen und auf relevante Parameter (Wassergehalt, pH-Wert, lösliche Nährstoffe, leicht lösliche Schwermetalle,

¹ Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie (710);

² Institut für Pflanzenernährung (330):
Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Germany
e-mail: breuerj@uni-hohenheim.de

Aggregatstabilität) untersucht. Erste Ergebnisse für pH-Wert und Aggregatstabilität (im Jahr 2002 erhobene Daten) werden vorgestellt.

Ergebnisse

Im Verlauf der Vegetationsperiode sinken die **pH-Werte** der gedüngten Parzellen im Klärschlammversuch deutlich ab. Die Kontrollparzellen zeigen nur eine leichte Abnahme der pH-Werte. Die Mineraldüngung erfolgt mit Kalkammonsalpeter, daher ist die Abnahme der pH-Werte im Klärschlammversuch vermutlich auf die zunehmende biologische Aktivität im Boden zurückzuführen. Auf den ungedüngten Kontrollparzellen mit geringerer Biomasseproduktion ist dieser Effekt deutlich

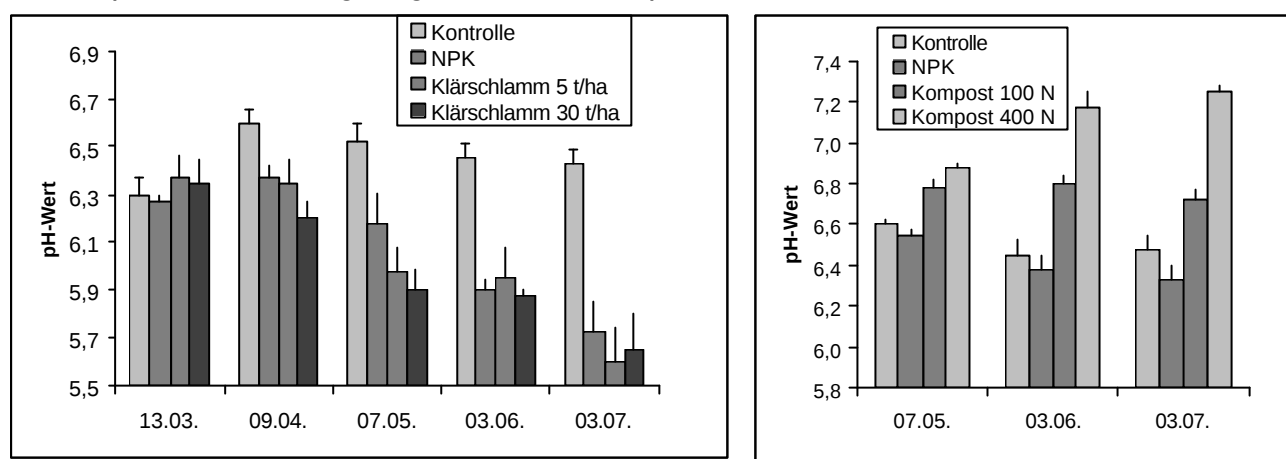


Abbildung 1: Zeitliche Variation des pH-Wertes im Klärschlammversuch (linke Abbildung) und im Kompostversuch (rechte Abbildung).

geringer. Auf den mit hohen Kompostmengen gedüngten Parzellen (Kompost 400 N) steigen die pH-Werte aufgrund der basisch wirksamen Kompostinhaltsstoffe an.

Die **Aggregatstabilität** (Abbildung 2) zeigt vor allem im Klärschlammversuch eine sehr deutliche zeitliche Variation. Zu Beginn der Vegetationsperiode (13.03.2002) unterscheiden sich die Varianten trotz der unterschiedlichen Düngungsgeschichte noch relativ wenig. Mit der Erwärmung des Bodens und der Zunahme der biologischen Aktivität im Boden steigt dann bei allen Parzellen die Aggregatstabilität an. Dieser Anstieg ist jedoch bei den Parzellen, die in der Vergangenheit hohe Klärschlamm-mengen erhalten haben, deutlich stärker ausgeprägt. Anfang Juli haben die mit den höchsten Klärschlamm-mengen gedüngten Parzellen etwa die dreifache Aggregatstabilität der ungedüngten Parzellen. Ein sehr deutlicher Unterschied besteht auch zur mineralisch gedüngten Variante. Neben der Wirkung der biologischen Aktivität im Boden (Stichwort Lebendverbauung) kann auch die Auswirkung von Bodenbearbeitungsmaßnahmen beobachtet werden. Nach der Einsaat der Zuckerrüben am 05.05.2002 ist die Aggregatstabilität am 07.05.2002 infolge der Störung der Bodenstruktur deutlich reduziert.

Im Kompostversuch, der eine im Vergleich zum Klärschlammversuch deutlich kürzere Laufzeit aufweist, ist zwar eine gewisse Erhöhung der Aggregatstabilität auf den mit Kompost gedüngten Parzellen zu beobachten. Insgesamt ist die Aggregatstabilität hier aber deutlich geringer als bei den langjährig mit Klärschlamm gedüngten Parzellen.

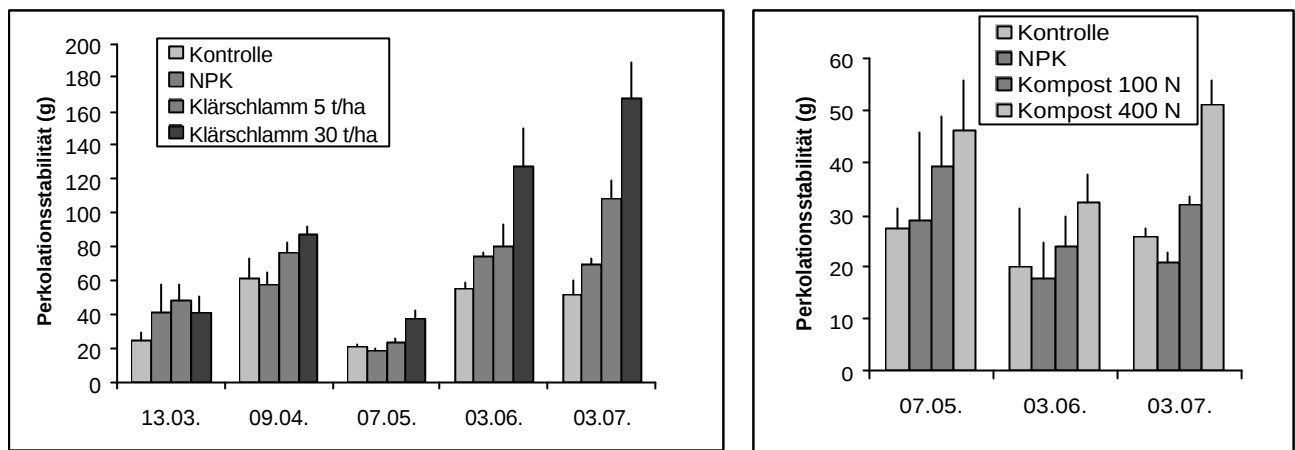


Abbildung 2: Zeitliche Variation der Aggregatstabilität (Perkolationsstabilität nach Becher & Kainz, 1983) im Klärschlammversuch (linke Abbildung) und im Kompostversuch (rechte Abbildung).

Schlussfolgerungen

In beiden Dauer-Feldversuchen treten saisonale Variationen physikalischer und chemischer Bodeneigenschaften auf. Bodenbearbeitungseffekte (Saat der Zuckerrüben) lassen sich deutlich erkennen. Die Zufuhr von organischer Substanz durch Sekundärrohstoffdüngemittel bewirkt eine erhebliche Verbesserung der Aggregatstabilität, die sich aber erst im Laufe der Vegetationsperiode allmählich durch bodenbiologische Prozesse aufbaut. Für eine hohe Aggregatstabilität in der Vegetationsperiode ist offensichtlich ein hohes Potential an Dauerhumus erforderlich, das auch viele Jahre nach Ende der Zufuhr von organischem Material noch wirksam ist (Klärschlamm-Versuch). Im Kompostversuch, in dem die Zufuhr an organischem Material erst seit kürzerer Zeit erfolgt, ist die Aggregatstabilität deutlich geringer. Die zeitliche Variation der pH-Werte zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Art des zugeführten Düngemittels (Kompost bzw. Klärschlamm) und bodenbiologischen Prozessen.

Die gezeigte deutliche saisonal Variation des pH-Wertes und der Aggregatstabilität läßt den Schluß zu, dass auch weitere ertrags- und umweltrelevante Bodeneigenschaften saisonalen Schwankungen unterliegen. Für die Beurteilung der Wirkung von Sekundärrohstoffdüngemitteln kann das von großer Bedeutung sein. Auch für die Probenahmestrategien in der Praxis und in Versuchen, zum Beispiel bei der Auswahl des geeigneten Probenahmezeitpunktes, ergeben sich neue Hinweise. Die Arbeiten sollen weiter verfolgt werden, insbesondere auch in Hinblick auf die Verfügbarkeit von Nähr- und Schadstoffen.

Literatur

Becher, H.H. & Kainz, M. (1983): Auswirkungen einer langjährigen Stallmistdüngung auf das Bodengefüge im Lößgebiet bei Straubing. Z. Acker- und Pflanzenbau, 152: 152-158.

Sicherung der Bodenfruchtbarkeit durch Kompost: Anorganische Bestandteile

Vandré, Robert (Darmstadt); Klages, Susanne; Schwab, Markus; Döhler, Helmut

AID-Heft zur Kompostanwendung in der Landwirtschaft: Im Auftrag der Bundesvereinigung der Humus- und Erdenwirtschaft (VHE) e.V. hat das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) e.V. einen Leitfaden zur Anwendung von Kompost in der Landwirtschaft erstellt. Der Leitfaden wurde mit KTBL-externen Fachleuten abgestimmt und wird noch in diesem Jahr als AID-Heft erscheinen.

Der vorliegende Tagungsbeitrag greift aus den Ergebnissen dieses Projektes Teilaspekte der Kompostanwendung auf, nämlich die Wirkungen der mineralischen Bestandteile von Kompost. Bioabfall- und Grüngutkomposte werden in erster Linie als Humuslieferanten mit Düngewirkung eingesetzt und entsprechend als organische Düngemittel bzw. Bodenhilfsstoffe eingeordnet. In der Regel bestehen jedoch 50 bis 75 % der Komposttrockenmasse aus anorganischen Bestandteilen. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Kalk und Bodenpartikel (Ton, Schluff, Sand). Auch ein Teil der Nährstoffe Phosphor und Kalium liegt in mineralischer Form vor, während Stickstoff überwiegend organisch gebunden ist.

Kalkwirkung: Der Basengehalt von Kompost, hauptsächlich in Form von Kalzium- und Magnesium-Kalk, bindet Protonen der Bodenaustauscher und erhöht so die Kationenaustauschkapazität des Bodens. Frei gewordene Bindungsplätze werden mit den zweiwertigen Ionen Kalzium und Magnesium des Kalkes belegt, was zu einer Stabilisierung der Bodenaggregate beiträgt. In sauren Böden, in denen sich der pH-Wert in einem für Bakterien ungünstigen Bereich befindet, wird durch die Basen auch die biologische Aktivität erhöht.

Indirekter Humusaufbau durch Düngung: Die Nähr-Ionen im Kompost können eine indirekte Humuswirkung entfalten. Durch die Düngung wird das Pflanzenwachstum gefördert. Dadurch wächst mit den steigenden Erntemengen auch die Menge der Ernterückstände und damit der Eintrag von organischer Streu in den Boden, die zur Humusbildung beiträgt.

Mineralische Kompostbestandteile und Schwermetalle:

Die basischen Beimengungen im Kompost, also vor allem der Kalk, bewirken eine Festlegung der Schwermetalle an Mangan- und Eisenoxiden des Bodens sowie im Kompost selbst.

Die nicht-basischen mineralischen Kompostbestandteile, also vor allem silikatische Bodenpartikel, begrenzen die theoretisch mögliche Aufkonzentrierung von Schwermetallen im Boden durch Kompost: Während die organische Substanz und die basisch wirkenden Stoffe auf lange Sicht mineralisiert bzw. verbraucht werden, bleiben diese Inertstoffe dauerhaft erhalten und stellen so eine Zufuhr an neuer Boden-Matrix dar.

Qualitätssicherung von landwirtschaftlich verwerteten Klärschlamm - Bestimmung zusätzlicher EU-Parameter in Klärschlämmen von Mecklenburg-Vorpommern

Schweder, Peter (Rostock)¹; Kape, Hans-Eberhard; Schaecke, Baldur; Zwierz, Peter:

Einführung

Die Klärschlammverordnung (AbfKlärV 1992) der Bundesrepublik Deutschland schreibt für die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlämmen die Untersuchung der Schlämme u.a. auf ausgewählte Schwermetalle (Blei, Chrom, Cadmium, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink) sowie auf ausgewählte organische Schadstoffe, wie Adsorbierte, organisch gebundene Halogene (AOX), bestimmte Kongenere der Polychlorierten Byphenyle (PCB) und bestimmte Kongenere der Dioxine und Furane (PCDD/PCDF) vor.

Die novellierte EU-Klärschlammrichtlinie fordert darüber hinaus die Untersuchung auf Lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS), eine dominierende Tensidklasse der in Putz-, Reinigungs- und Pflegemitteln eingesetzten Tenside, sowie auf Nonylphenoethoxylate (NPE) und dessen Abbauprodukt Nonylphenol (NP), die ebenfalls zur Stoffgruppe der Tenside gehören und in Reinigungsmitteln der Textil- und Lederindustrie sowie bei der Herstellung von Kunststoffen Verwendung finden. Zusätzlich ist in der EU-Richtlinie die Untersuchung der landwirtschaftlich verwerteten Klärschlämme auf Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), die als Weichmacher in Kunststoffen, Lacken, Schmiermitteln und Pharmaka eingesetzt werden, und auf ausgewählte Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), die in Kohle- und Erdölprodukten vorhanden sind und durch unvollständige Verbrennungsprozesse im Hausbrand und im Kraftfahrzeugverkehr in die Umwelt gelangen, vorgeschrieben.

Material und Methoden

Im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) Güstrow des Landes Mecklenburg-Vorpommern wurden in ausgewählten Kläranlagen des Landes Klärschlämme auf diese zusätzlichen EU-Parameter durch die Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Rostock untersucht. Im Vorfeld mussten jedoch methodische Arbeiten durchgeführt werden, da diese Untersuchungen bisher nur teilweise zum Analysenroutineprogramm der LUFA gehörten.

Das Untersuchungsmaterial wurde im Rahmen der Klärschlammverkehrskontrolle des Landes Mecklenburg-Vorpommern kommunalen Kläranlagen von mittleren sowie kleineren Städten mit einem Anschlusswert > 200000 sowie < 100000 Einwohnerwerten durch eine amtliche Probenahme entnommen. Das Untersuchungsmaterial repräsentiert etwa 36 % der in Mecklenburg-Vorpommern anfallenden Abwasserlast.

In der LUFA Rostock wurden in Anlehnung an die in der Literatur beschriebenen analytischen Verfahren LUFA-eigene Methoden erarbeitet. Das betraf die EU-

¹ eMail: lufa-rostock@t-online.de

Untersuchungsparameter Phthalate DEHP (Literatur 1), Nonylphenol NPE/NP (2) und Alkylbenzolsulfonate LAS (3).

Ergebnisse

Die anionischen Tenside Lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS) sind wasserlöslich und besitzen eine hohe Ökotoxizität. Im Klärschlamm einer kommunalen Kläranlage des Landes Mecklenburg-Vorpommern ist ein Wert diagnostiziert worden, der über dem EU-Grenzwert von 2600 mg LAS/kg Klärschlamm-Trockenmasse (TM) liegt. Die anderen Gehalte liegen deutlich unter dem Grenzwert (siehe Tabelle 1). Aus der Literatur sind ähnlich differente LAS-Gehalte bekannt.

TABELLE 1: Ergebnisse der Untersuchungen der zusätzlichen EU-Parameter LAS, NPE/NP, DEHP und PAK in Klärschlämmen von Mecklenburg-Vorpommern

lfd.Nr.	Verbindungen	EU-Grenzwert (mg/kg TM)	Ergebnisse Variationsbreite (mg/kg TM)
1	LAS	2600	120 – 2700
2	NPE/NP	50	4 – 21
3	DEHP	100	1 – 5
4	PAK ¹⁾	6	2 – 10

¹⁾ Summe von Acenapthen, Phenanthren, Fluoren, Fluoranthen, Pyren, Benzo(b+j+k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Benzo(ghi)perylen, Indeno(1,2,3-c,d)pyren

Die ebenfalls zu den Tensiden gehörenden ökotoxischen Nonylphenoethoxylate (NPE) und dessen Abbauprodukt Nonylphenol (NP) schwankten in dem vorliegenden Untersuchungsmaterial zwischen 4 und 21 mg NPE/NP/kgTM. Diese Werte liegen damit deutlich unter dem EU-Grenzwert von 50 mg/kg TM.

Die Phthalate Di(2-ethylhexylphthalate) (DEHP) sind aquatisch toxisch und besitzen vermutlich eine östrogene und kanzerogene Wirkung. Die durchgeführten orientierenden Untersuchungen an kommunalen Klärschlämmen (siehe Tabelle 1) erbrachten Gehalte von 1 bis 5 mg/kg TM. Diese Werte liegen damit weit unter der EU-Grenzwert von 100 mg DEHP/kg TM.

Die gemäß der designierten EU-Klärschlammrichtlinie ebenfalls untersuchten Einzelverbindungen und Summen der Polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) schwankten im vorliegenden Untersuchungsmaterial zwischen 2 bis 10 mg PAK/kg TM. Der EU-Grenzwert von 6 mg/kg TM wurde in 2 Fällen überschritten.

Aufgrund der geringen Anzahl der Untersuchungen werden weiterhin Proben im Rahmen der Klärschlammverkehrskontrolle (KVK) von Mecklenburg-Vorpommern stichprobenartig zusätzlich auf die EU-Parameter untersucht.

Literatur

- (1) **UBA-Forschungsberichte** Nr. 10701003 (1986) und Nr. 10303521 (1992/94)
- (2) **JOBST, H.:** Analytik von Nonylphenolen.- Fres.Z.Anal.Chem.328 (1987)
- (3) **LUFA Potsdam:** Persönliche Mitteilung (1999)

Ergebnisse von Versuchen mit Bio- und Grüngutkomposten auf Acker- und Grünland

Heyn, Johannes (Kassel)¹; Neff, Richard; Schaaf, Harald

Versuche und Kompostanalysen

Zur Beantwortung der Fragen nach der Düngewirkung, speziell der Stickstoffwirkung, und möglichen Schädwirkungen von Komposten wurden von der hessischen Agrarverwaltung folgende Versuche durchgeführt: die Ackerbauversuche Ehringen (1994-1996), Hofgeismar (1997-1999) und Harleshausen (1999-2001) sowie der Grünlandversuche Eichhof (1994-2000). Alle Versuche liefen auf Böden guten Fruchtbarkeitszustandes. Die jeweils geprüften Varianten sind aus den Ertrags- bzw. N-Entzugstabellen ersichtlich. Die verwendeten Grüngutkomposte (GK) und Bioabfallkomposte (BK) wiesen folgende Zusammensetzung auf:

Tab.1 Untersuchungswerte der eingesetzten Komposte (Ackerbauversuche)

	Ehringen 1994			Hofgeismar 1997		Harleshausen 1999	
	GK fein	GK grob	BK	GK	BK	GK	BK
TM, %	69,7	76,0	70,4	55,3	70,4	52,7	67,0
OS, %	n.u.	n.u.	n.u.	64,4	30,8	87,5	31,2
pH	7,3	6,9	7,1	6,9	7,9	5,1	8,0
Salz g/L FM	2,3	2,1	5,5	1,1	5,9	0,3	7,1
N ges., %	1,24	1,33	1,70	1,30	1,28	0,95	1,68
P, %	0,60	0,44	0,94	0,52	0,72	0,19	0,93
K, %	1,13	1,12	1,74	1,11	1,60	0,40	1,78
Mg, %	1,05	0,73	1,08	0,64	1,05	0,27	1,11
CaO, %	3,54	2,91	3,88	2,91	4,20	0,28	2,30
Pb, mg/kg	n.u.	n.u.	n.u.	29,8	50,0	4,8	52,1
Cd, mg/kg	n.u.	n.u.	n.u.	0,36	0,48	0,22	0,46
Cr, mg/kg	n.u.	n.u.	n.u.	18,2	25,9	18,3	25,6
Cu, mg/kg	n.u.	n.u.	n.u.	27,6	38,2	8,3	42,9
Ni, mg/kg	n.u.	n.u.	n.u.	16,1	20,5	8,9	18,3
Zn, mg/kg	n.u.	n.u.	n.u.	137	178	51,5	185
Hg, mg/kg	n.u.	n.u.	n.u.	0,09	0,11	0,03	0,16

nu = nicht untersucht

Wie üblich wiesen die Biokomposte höhere pH-Werte und höhere Nährstoff- und Schwermetallgehalte auf als die Grüngutkomposte, bei gleichzeitig deutlich niedrigerem Anteil organischer Substanz. Insbesondere der 1999 in Harleshausen eingesetzte Biokompost lag in seinen Nährstoffgehalten deutlich über, der im gleichen Versuch verwendete Grüngutkompost in TS-, Nährstoff- und Schwermetallgehalten deutlich unter langjährigen Mittelwerten. Der Pb- und Cr-Gehalt der in Hofgeismar und Harleshausen verwendeten Biokomposte überschritt bereits die zur Zeit vom UBA für den Einsatz auf Sandböden vorgeschlagenen und vom VDLUFA hinsichtlich Höhe und Ableitung in Zweifel gezogenen Grenzwerte (40 bzw. 25 mg/kg). Die Analysen der Komposte, die im Versuch Ehringen in den Folgejahren 1995 und 1996 in den jährlich zu düngenden Varianten eingesetzt wurden, sind in

¹ Dr. Johannes Heyn und Dr. Harald Schaaf, Hessisches Dienstleistungszentrum für Landwirtschaft, Gartenbau und Naturschutz, Am Versuchsfeld 13, 34128 Kassel, eMail: johannes.heyn@hdlgn.de
Dr. Richard Neff, Hessisches Dienstleistungszentrum für Landwirtschaft, Gartenbau und Naturschutz, Schloß Eichhof, 36251 Bad Hersfeld

der Tabelle nicht aufgeführt. Ihre Gehaltswerte lagen in ähnlicher Größenordnung wie die der 1994 eingesetzten Chargen.

Bei den im Versuch Eichhof ausgebrachten Komposten (Ergebnisse hier nicht gezeigt) fielen vor allem der Grüngutkompost 1998 und die Bioabfallkomposte 1998 und 2000 durch hohe Kalkgehalte auf. Demgegenüber lag der Gesamt-N-Gehalt in den Grüngutkomposten 1997 und 2000 sowie der Mg-Gehalt im Grüngutkompost 1994 sehr niedrig. Ansonsten zeigten die Komposte in ihren Nährstoffgehalten ein ähnliches Bild wie die in den Ackerbauversuchen verwendeten.

Ertrag, N-Abfuhr und N-Salden

Tab.2 Ackerbauversuch Ehringen (1994 Hafer, 1995 Wi-Weizen, 1996 Wi-Gerste)

		Mittlerer Ertrag relativ zu V1	Mittlerer N- Entzug in kg/ha	Mittlerer N- Saldo in kg/ha
1	ohne Kompost, ohne Mineral-N	100	96	- 96
2	ohne Kompost, 42 N	128	123	-81
3	ohne Kompost, 84 N	146	153	-69
4	ohne Kompost, 188 N	163	189	-21
5	GK,fein, 10 t jährlich, 42 N	133	131	+ 31
6	GK,fein, 30 t für 3 Jahre, 42 N	132	133	+ 33
7	GK,grob, 10 t jährlich, 42 N	134	129	+ 42
8	GK,grob, 30 t für 3 Jahre, 42 N	130	122	+ 53
9	BK, 10 t jährlich, 42 N	135	130	+ 73
10	BK, 30 t für 3 Jahre, 42 N	134	134	+ 78

Kompostmengen in t TM/ha

N-Mengen in kgN/ha im Mittel von 3 Jahren, gegeben als KAS

Jeweils mit P-, K-, Mg- und CaO-Ausgleich

Trotz zusätzlicher mineralischer NGabe von 42 kg/ha konnte weder im Ertrag noch in der Höhe der N-Abfuhr in keiner Kompostvariante das Niveau der reinen Mineraldüngervarianten erreicht werden. Die N-Salden stiegen durch Kompostanwendung in einen deutlich positiven Bereich.

Tab.3 Ackerbauversuche

Hofgeismar (HOG) (1997 Zu-Rüben, 1998 Wi-Weizen, 1999 Wi-Roggen)

Harleshausen (HAR) (1999 Wi-Weizen, 2000 Wi-Gerste, 2001 Kö-Raps)

Kompost- düngung in t TM/ha	KAS-Düngung in kgN/ha		Mittlerer Ertrag, relativ zu "ohne Kompost, N-Null"		Mittlerer N-Entzug in kg/ha		Mittlerer N-Saldo in kg/ha	
	HOG	HAR	HOG	HAR	HOG	HAR	HOG	HAR
Ohne Kompost	0	0	100	100	94	48	- 94	- 48
	68	87	125	177	121	90	- 52	- 3
	137	173	127	225	133	129	+ 4	+ 44
	187	228	127	249	154	153	+ 25	+ 76
GK, 20 t	0	0	102	99	83	50	- 6	+ 13
	68	87	115	160	110	79	+ 35	+ 71
	137	173	125	217	133	126	+ 81	+ 110
	187	228	124	230	136	143	+ 119	+ 149
BK, 20 t	0	0	104	105	90	50	- 7	+ 63
	68	87	119	182	112	94	+ 40	+ 105
	137	173	126	218	145	125	+ 75	+ 160
	187	228	125	232	149	146	+ 114	+ 195

Kompost gaben für 3 Jahre, KAS-Gaben im Mittel von 3 Jahren, kein Ausgleich von sonstigen Nährstoffen

Bedingt durch die Rapsfruchtfolge lagen auf dem Standort Harleshausen N-Düngung und relative Ertragsdifferenzierung deutlich höher als im Versuch Hofgeismar mit Zuckerrüben in der Fruchtfolge. Trotz dieser Unterschiede ist die Aussage beider Versuche ähnlich: Lediglich ohne ergänzende N-Düngung konnte bei Biokompost ein minimaler positiver Effekt beobachtet werden, bei ergänzender mineralischer N-Düngung bewirkte die Kompostausbringung keinerlei Vorteil in Bezug auf Ertrag oder N-Abfuhr. Die N-Salden erhöhten sich in den Kompostvarianten deutlich.

Tab.4 Grünlandversuch Eichhof (1994-2000)

Grüngutkompost; Gaben in t TM/ha	Mittlerer Ertrag in dt TM/ha	Bioabfallkompost, Gaben in t TM/ha	Mittlerer Ertrag in dt TM/ha
ohne	78,6	ohne	79,2
5 t jährlich	86,9	5 t jährlich	89,1
5 t für 2 Jahre	81,0	5 t für 2 Jahre	87,2
10 t jährlich	87,9	10 t jährlich	90,2
10 t für 2 Jahre	85,4	10 t für 2 Jahre	84,3
20 t für 2 Jahre	93,5	20 t für 2 Jahre	90,7
Min.dgg. wie 5tj	91,8	Min.dgg. wie 5tj	92,6
Min.dgg. wie 10tj	100,3	Min.dgg. wie 10tj	101,5

Alle Kompostvarianten blieben mehr oder weniger deutlich unter den mineralischen Vergleichsvarianten. Gemessen am Mehrertrag bei Mineraldüngung lag der Mehrertrag bei Grüngutkompost bei 63 % in der niedrigen und 43 % in der hohen Aufwandmenge, entsprechend 74 % und 49 % bei Bioabfallkompost. Im Vergleich zu den Ackerbauversuchen wurde damit eine gute Ertragwirksamkeit erzielt.

Analysen des Erntegutes

Beispielhaft sind hier die mittleren Ergebnisse von 3 Jahren des Versuches Harleshausen aufgeführt und zwar nur die Werte derjenigen Elemente, die eine gewisse Differenzierung erkennen lassen.

Tab. 5 Erntegutuntersuchung im Versuch Harleshausen

Varianten:		N %	S %	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Fe mg/kg	Mo mg/kg
Ohne Kompost	N0	1,78	0,15	12,0	26,3	42,1	1,31
	N1	1,93	0,16	13,4	25,2	43,4	0,74
	N2	2,19	0,18	15,6	28,8	48,4	0,62
	N3	2,33	0,20	16,6	29,4	48,4	0,54
	Mittel	2,06	0,17	14,4	27,4	45,6	0,80
Mit Grüngut- kompost	N0	1,84	0,16	12,0	24,5	40,8	1,26
	N1	1,89	0,16	13,1	25,8	43,9	0,77
	N2	2,20	0,18	15,0	28,3	48,2	0,65
	N3	2,36	0,20	16,4	31,4	52,7	0,55
	Mittel	2,07	0,17	14,1	27,5	46,4	0,81
Mit Bioabfall- kompost	N0	1,76	0,15	11,7	23,5	37,6	1,87
	N1	1,94	0,17	13,5	24,6	41,7	1,09
	N2	2,18	0,18	14,8	27,7	47,1	0,91
	N3	2,38	0,20	16,2	29,4	49,0	0,70
	Mittel	2,06	0,17	14,0	26,3	43,8	1,14

Bei den in Tab.5 aufgeführten Elementen ist eine Zunahme infolge steigender mineralischer N-Düngung erkennbar. Die Kompostausbringung hatte keine Auswirkungen. Eine Ausnahme bildet das Mo: steigende N-Mineraldüngung führte zu

sinkenden und die Bioabfallkompostanwendung zu höheren Gehalten, auch im Versuch Hofgeismar.

Neben diesen mehr oder weniger ausgeprägten Differenzierungen ließen noch die Mn-, B- und Cd-Werte einen schwachen, unsicheren Einfluß der steigenden N-Düngung erkennen.

Bei P, K, Mg, Ca, Al, Ni, Pb und Co war keine systematische Beeinflussung der Gehalte zu erkennen.

Im Grünlandversuch war keine Bestandsveränderung infolge der Kompostanwendung festzustellen.

Bodenuntersuchungen

In keinem der drei Versuche trat eine meßbare Nährstoffanreicherung durch Kompostanwendung ein.

In den Versuchen Hofgeismar und Harleshausen führte die Kompostanwendung zu einer schwachen Humusanreicherung. Nach jeweils 3-jähriger Versuchsdauer ergaben sich im Mittel beider Versuche die in der Tab. 6 aufgeführten Gehalte.

Tab.6 C_{org} - und N_t -Gehalte im Mittel der Versuche Hofgeismar und Harleshausen

Jeweils im Mittel aller 4 N-Stufen:	C_{org} , %	N_t , %
ohne Kompost	1,10	0,121
mit Grüngutkompost	1,16	0,128
mit Bioabfallkompost	1,16	0,131

Trotz der über der Abfuhr durch das Erntegut liegenden Zufuhr an Schwermetallen durch die Kompostanwendung konnte eine meßbare Schwermetallanreicherung im Boden nach dreijähriger Versuchsdauer analytisch nicht nachgewiesen werden.

Im Grünlandversuch waren die Gehalte im Boden an PCB 138, PCB 153 und PCB 180 nach Einsatz von Bioabfallkompost signifikant erhöht.

Diskussion der Ergebnisse

Nach Kompostanwendung war in den jeweils dreijährigen Ackerbauversuchen so gut wie keine, im Grünlandversuch eine befriedigende Ertragswirkung festzustellen. Bestandsveränderungen der Grünlandnarbe konnten ebenso wenig festgestellt werden wie Qualitätsveränderungen des Aufwuchses bzw. auch des Erntegutes in den Ackerbauversuchen. In den Böden traten keine meßbaren Veränderungen des pH-Wertes, des Nährstoff- und des Schwermetallgehaltes ein. Die Anreicherung einzelner PCB-Kongeneren im Grünlandboden nach Bioabfallkompostanwendung bedarf weiter gehender Untersuchungen. In allen Böden war eine schwache Anreicherung an organischer Substanz festzustellen. Mögliche weitere positive Effekte, wie z.B. eine Verbesserung der Gefügestruktur oder eine Minderung der Erodierbarkeit durch Mulchauflage, wurden hier nicht untersucht und waren auf den Versuchsstandorten auch nicht relevant.

Für vergleichbare Böden wie die hier geprüften, für den hier berichteten Versuchszeitraum von jeweils 3 Jahren und unter dem Blickwinkel der Nährstoff- und Humuswirkung fällt die Bewertung des Komposteinsatzes eindeutig negativ aus. Dem mehr oder weniger geringen Beitrag zur Ernährung der Bestände steht ein hoher N-Bilanzüberhang gegenüber, der im Rahmen der Umsetzung der Vorschriften der Düngeverordnung Schwierigkeiten bereiten dürfte.

Erst bei längerer Anwendungszeit sind deutlichere Auswirkungen in Form höherer Freisetzung an Nährstoffen einerseits und an Schwermetallen andererseits zu erwarten. Ungeachtet dieses zuletzt genannten Gefährdungspotenzials ist allein die Anreicherung an Gesamt-Stickstoff kritisch zu sehen. Die Anlieferung düngungsrelevanter N-Mengen durch kumulative Mineralisation setzt eine solch große Menge an organisch gebundenem Gesamt-Stickstoff voraus, dass in Zeitphasen ohne adäquaten N-Bedarf der Pflanzenbestände mit erheblich gesteigerten N-Austrägen in die Atmo- und Hydrosphäre gerechnet werden muss. Eine gravierende Humusanreicherung über das standorttypische Optimum hinaus ist aus diesen Gründen als ökologisch äußerst bedenklich anzusehen. Eine gezielte, dem Pflanzenbedarf in den einzelnen Wachstumsabschnitten angepaßte Düngung, so wie sie die Düngeverordnung fordert, dürfte mit Kompostanwendung kaum zu realisieren sein.

Einigung des N-Testers und des Nitratschnelltests zur Bemessung der N-Düngung bei Wintergetreide (unter den Bedingungen Schleswig-Holsteins)

Heuer (Kiel); Gerendás

Die N-Düngung ist von großer Bedeutung für Ertrag, Produkt- und Produktionsqualität. Zur Bemessung derselben stehen neben Schätz- und Prognoseverfahren unterschiedliche Diagnoseverfahren zur Verfügung, die den aktuellen Versorgungsstatus der Bestände zur Bemessung der N-Düngung verwenden. Die Diagnose des N-Versorgungsgrades nutzt entweder deren Beziehung zum Chlorophyllgehalt (Hydro-Agri N-Tester) oder bestimmt die Höhe des Nitratspeichers (Nitratschnelltest, NST). Während der NST in Sachsen und Thüringen weit verbreitet ist, liegen in Schleswig-Holstein hierzu nur wenige Erfahrungen vor. Auf dem Versuchsgut Hohenschulen bei Kiel (sandiger Lehm) wurde daher im Anbaujahr 2001/2002 der Einfluss einer gestaffelten N-Düngung auf N-Tester-Werte, NST-Werte, Ertrag und Proteingehalt bei W-Weizen (Tarso) und W-Gerste (Candesse) untersucht (Tab. 1). Einige Varianten wurden entsprechend den N-Tester-Empfehlungen, der NST-Empfehlung der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft 2001 bzw. nach Empfehlungen der LWK Schleswig-Holstein gedüngt (± 40 kg zur Eingrenzung des Optimums).

Tab. 1: Einfluss der N-Düngungsstrategie auf Ertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen (Tarso) sowie Rest-N_{min} nach der Ernte (n=4 $\pm$ SD).

Var.	N-Düngungs-Strategie	N-Mengen		Ertrag	Rohpro- tein	N _{min} -Rest
		N1/N2/ N3	N _{ges.}	dt ha ⁻¹	[%]	kg N ha ⁻¹
I	0/0/0	0/0/0	0	44.0 $\pm$ 3. 1	9.80 $\pm$ 0 .58	62.5 $\pm$ 4.5
II	70/NST/0	70/30/0	100	96.8 $\pm$ 2. 3	11.97 $\pm$ 0.75	50.6 $\pm$ 12.3
III	70/NST/NST	70/30/3 0	130	92.6 $\pm$ 2. 7	12.26 $\pm$ 0.25	39.0 $\pm$ 4.1
IV	SBA/NST/NST	110/30/ 20	160	93.0 $\pm$ 1. 9	12.52 $\pm$ 0.15	55.5 $\pm$ 7.1
V	SBA/2 $\times$ NST/0	110/60/ 0	170	99.6 $\pm$ 2. 2	12.48 $\pm$ 0.34	56.70 $\pm$ 3.7
VI	LWK/N-Tester/ N-Tester	50/20/5 0	120	94.3 $\pm$ 3. 3	12.46 $\pm$ 0.85	42.8 $\pm$ 9.3
VII	LWK S.-H.	50/90/8 0	220	97.6 $\pm$ 1. 9	13.58 $\pm$ 0.16	67.9 $\pm$ 4.8
VIII	Var. V –40 kg	50/60/7 0	180	97.7 $\pm$ 2 2	13.51 $\pm$ 0.40	74.4 $\pm$ 19.7
IX	Var. V+40 kg	50/120/ 90	260	98.2 $\pm$ 2. 3	13.68 $\pm$ 0.15	69.7 $\pm$ 25.4

Insgesamt lag beim Weizen der N-Aufwand zwischen 0 und 260 kg ha⁻¹. Bereits 100 kg ha⁻¹ bei einer Verteilung 70/30/0 ermöglichten 97 % des maximalen Ertrags, wobei

allerdings der Proteingehalt mit <12 % nicht befriedigte. Der maximale Ertrag wurde bei der Verteilung 110/60/0 erreicht (12.5 % Protein). Höchste Proteinwerte (>13.5 %) und gute Erträge (>97.5 dt ha⁻¹) wurden bei einer N-Düngung von 180 (50/60/70) bzw. 220 kg ha⁻¹ (50/90/80) erzielt.

Bei Düngung nach NST wurde unabhängig von der Andüngung ein Ertrag von ca. 93 dt ha⁻¹ bei etwa 12.4 % Protein erreicht, während bei Verwendung des N-Testers ein Ertrag von 94.3 dt ha⁻¹ bei 12.5 % Protein erzielt wurde. Mit beiden Schnelltestverfahren wurde etwa 94% des maximalen Ertrags bei mittleren Proteingehalten erzielt. Die N_{min}-Reste zeigen, dass die Nullvariante nicht die geringsten Werte aufweist.

Tab. 2: Einfluss der N-Düngungsstrategie auf Ertrag und Rohproteingehalt von Wintergerste (Candesse) sowie Rest-N_{min} nach der Ernte (n=4±SD).

Var.	N-Düngung	N-Mengen		Ertrag	Rohprotein	N _{min} -Rest
	Strategie	N1/N2/N ₃	N _{ges.}	dt ha ⁻¹	[%]	kg N ha ⁻¹
1	0/0/0	0/0/0	0	45.7 ±8.2	7.03± 0.54	33.0±1 6.5
2	SBA/N-Tester/N-Tester	80/20/0	100	95.6 ±7.2	8.54± 0.32	32.9±1 3.5
3	LWK/N-Tester/N-Tester	50/20/10	80	92.9 ±6.8	8.24± 0.28	22.4±6. 7
4	LWK S.-H.	50/70/60	180	112. 4±8. 7	10.9 7±0.2 3	38.7±5. 3
5	Var. V –40 kg	50/40/50	140	105. 6±6. 6	10.0 8±0.5 4	26.2±2. 0
6	Var. V+40 kg	50/100/70	220	112. 1±8. 8	11.5 3±0.2 5	43.9±6. 9

Bei Wintergerste lag der N-Aufwand zwischen 0 und 220 kg ha⁻¹, und mit 180 kg ha⁻¹ (50/70/60) wurde der Maximalertrag von 112 dt ha⁻¹ erreicht. Bei Düngung nach N-Tester-Empfehlung wurden je nach Andüngung 83 % (N1=50) bzw. 85 % (N1=80) des Maximalertrags erzielt. Die N_{min}-Werte nach der Ernte deuten wiederum an, dass geringste Werte bei mäßiger N-Düngung möglich sind.

Die geprüften Schnelltestmethoden (N-Tester und Nitratschnelltest) ermöglichen in beiden Kulturen nicht die Ausschöpfung des Ertrags- und Qualitätspotentials unter den Bedingungen Schleswig-Holsteins. Es bestätigt sich, dass eine verhaltene Andüngung bei Betonung der Schosser- und Spätgabe, wie von der LWK Schleswig-Holstein empfohlen, eher geeignet ist das genetische Potential aus zu schöpfen. Diese einjährigen Ergebnisse bedürfen noch der weiteren Überprüfung.

Response of Sunflower to Different Micronutrients and Methods of Application

Magdy Halim Ibrahim¹; Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kafr El-Sheikh, Tanta University

ABSTRACT

Two field experiments were carried out at Kafr El-Sheikh, Faculty of Agriculture Research Station during 1997 and 1998 seasons to study the effect of micronutrients and their methods of application on growth, yield and its components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants.

The results indicated that soil application was more effective method of applications on CGR at the second period (55-70 days), RGR at the two periods and number of seeds/head in 1997 season and on NAR at the second period (55-70 days) in 1998 season. Foliar spray had a significant effect on plant height at ages of 55 and 70 days in 1998 season; coating method on number of leaves at ages of 55 and 70 days in 1997 season and leaf area at the ages of 40 and 70 days in 1998 season and soaking seeds method was effective on seed husk % in 1997 season.

The results obtained also indicated that the effect of different tested micronutrients had a highly significant effect on CGR and NAR at the second period (55-70 days) in 1997 season; plant height, leaf area at all ages; on NAR and RGR at first period (40-55 days) in 1998 season; number of leaves, DM, leaf pigments (chlorophyll a, b and carotene), seed yield and its components, oil seed % and oil yield /fed. in the two seasons, except number of seeds/head in 1997 season.

The interaction between micronutrients and methods of application was highly significant for head diameter, 100 seed weight, seed husk % in 1997 season and for seed yield per plant and per feddan in 1998 season and oil yield per fed in the two seasons. From the obtained results it could be concluded that addition of micronutrients as a soil application or foliar spray gave best yield and better growth.

INTRODUCTION

In Egypt, the total annual consumption of edible oil is about 550 to 600 thousand tons. The local production from this commodity represents about 20-25% of our needs. Substantial increase in oil production to maintain or to increase self sufficiency is needed. Sunflower is the most suitable crop which can be grown on the newly reclaimed soils and has a potential for increasing oil production.

It is mainly cultivated in the soils of Nile valley and Delta and fertilized with the suitable fertilizers without any addition of microelements.

Moreover, it is well known that one of the serious side effects of high dam construction is the deprival of silt from the soils which replenish the soils with certain micronutrients. It was reported that about 76% to 83% deficits in micronutrients occurred after the high dam (Nabhan, 1966). Foliar application of micronutrients gave beneficial effects over soil application especially under unfavorable soil conditions (high pH, salinity and poverty in organic matter) which reduce the solubility of micronutrients. El-Kady *et al.*, 1990 and 1997, El-Yamany *et al.*, 1993 and Kastori *et al.*, 1995 concluded that foliar application of microelements increased growth and yield of sunflower plants. The role of these micronutrients in biosynthesis was discussed by Wallace (1982).

¹ eMail: i.pfleger@jena.tll.de

The aim of this investigation is to compare the different methods of addition (soil, foliar spray, soaking and coating application) with Zn, Mn, Fe, Cu, B, Mo and Mg on growth and yield and its components of sunflower plants.

MATERIALS AND METHODS

Two field experiments were conducted on a clay soil in the Experimental Station Farm of Faculty of Agriculture, Tanta University at Kafr El-Sheikh, Egypt during 1997 and 1998 seasons. The preceding crop was wheat in the two seasons. Mechanical and chemical analysis of the soil in the experimental sites are given in Table (1). Each experiment included 32 treatments which were the combination of four methods of application (soil addition, foliar spray, soaking and coating application) and eight treatments of microelements were:

1-Control (without any microelements application).

2-0.1% Zinc sulphate.

3-0.1% manganese sulphate.

4-0.1% ferrous sulphate.

5- 0.05% copper sulphate.

6-0.05% Boric acid.

7- 0.05% ammonium molybdate.

8-0.1% magnesium sulphate.

The above microelements were added in the three methods i.e., coating 30 minutes before sowing at rate of 1% of microelements on the basis of seed weight soaking 12 hrs. before sowing and foliar spray at the same level in solution, soil applied microelements at rate of 8 kg/fed. for Zn, Mn, Fe and Mg and the rate of 4 kg/fed. for Cu, Mo and B treatments. They were broadcasted on the side of the ridge. Sunflower plants were sprayed at the age of 30 days.

A split plot design with four replicates was used, the four methods of addition were allocated to the main plots and the eight microelements treatments to the sub plots. Each sub plot consisted of six rows 5 m long and 60 cm apart and 25 cm between hills. Sunflower seeds of pioneer were planted June 10 and 15 in the first and second season, respectively. The seedling were thinned to one plant/hill after three weeks from planting. The common cultural practices recommended for sunflower production in the area were applied.

Table (1): Mechanical and chemical analysis of experimental field soil (0-30 cm soil depth) in 1997 and 1998 seasons.

Mechanical analysis	1997	1998
Sand %	14.50	15.30
Silt %	31.80	32.30
Clay %	53.70	52.40
Textural	Clay	Clay
Chemical analysis:		
pH	8.1	8.2
O.M. %	1.81	1.90
Available N ppm	21.15	22.50
Available P ppm	8.71	9.65
Available K ppm	275.3	295.5
Zn ppm	0.8	0.9
Mn ppm	5.3	6.2
Fe ppm	6.3	6.8
B ppm	2.5	4.3

Ten plants were taken from each plot at random to determine the growth analysis, three samples for the stages 40, 55 and 70 days from sowing were taken. Plant height, dry weight of plant and number of leaves/plant were determined in different sampling occasions. Growth attributes viz., crop growth rate (CGR) g/m²/week, net assimilation rate (NAR) g/m²/week, relative growth rate (RGR) g/g/week and leaf area (cm²) computed according to the formula of Watson, 1952. Photosynthetic pigments content (chlorophyll a, b and carotenoids) in the fourth leaf of the top plant were determined according to Wettstein (1957). At harvest time, ten plants were randomly taken from the two inner rows of each plot to determine head diameter, 100 seed weight, seed yield per plant and per feddan in kg and seed oil, seed husks %. Seed oil percentage was determined as described by Comstock and Culbertson (1958). Oil yield/fed. was calculated from seed oil percentage and seed yield/fed. All data were subjected to statistical analysis according Snedecor and Cochran (1974). Also means were compared using Duncan's Multiple Range Test (1955).

RESULTS AND DISCUSSION

A. Effect on growth analysis and attributes:

The data reported in Tables 2 and 3 indicate that the four methods of application (soil, foliar spray, soaking and coating) had a pronounced effect on number of leaves at age of 55 and 70 days, CGR at the second period (55-70) and RGR at two periods in 1997 season. Plant height at age of 55 and 70 days, leaf area at ages of 40 and 75 days and NAR at the second period (55-70) showed positive response in 1998 season.

In comparison, spraying method gave some what less increases of growth analysis characters of sunflower plants.

These data discussed on the basis that spraying method had a direct effect on the vegetative parts of plants, while soaking, coating and soil application methods affected the root proliferation through the soil from germination and lead the plant to absorb more nutrients for normal growth (El-Yamany *et al.*, 1993).

Tables 2 and 3 show that the effect of different micronutrients i.e. Zn, Mn, Fe, Cu, B, Mo and Mg on different vegetative growth characters of sunflower plants were highly significant at different growth stages where the greatest number of leaves, heaviest dry weight per plant and tallest plants were obtained by sunflower plants treated with the microelements as compared with the control. All studied characters except NAR and RGR at the first period (40-55) in 1998 season, were superior to the control.

Mn, Cu, B and Mg gave the largest leaf area at all growth stages in the second season 1998. The different treatments affected significant on the photosynthetic pigments (chl. a, b and carotenoids), highly significant, 1997 and 1998. Generally, the application of micronutrients on sunflower plants increased photosynthetic pigments in leaves as compared with the control. Application of Zn, Mn, Fe, Cu, B, Mo and Mg markedly affected all photosynthetic pigments in leaves.

The favourable effect due to micronutrients application is in agreement with that obtained by several investigators (Saad *et al.*, 1982; El-Sayed, 1988; El-Yamany *et al.*, 1993; Omar and El-Hity, 1994 and El-Kady (1997).

The enhancing effect due to micronutrients on dry matter accumulation might be attributed to larger area of photosynthetic apparatus in addition to higher pigment of leaves both of which are associated with higher photosynthetic rates. The role of micronutrients in activating many enzymatic reactions related to carbohydrate, protein and fat metabolism was well established by Doardman (1975), Saad *et al.* (1982) and Shkolnik (1984). Also, Amberger (1974) found that Zn application affected growth regulation by controlling the synthesis of tryptophan from indol.

II. Seed yield and its components:

Seed yield and its components as influenced by methods of application of some micronutrients and control are presented in Table, 5. Data show that soil application surpassed the others methods of application in number of seeds/head. The maximum values of seed husk % was obtained by method of soaking seeds application. The differences among the four methods of application reached the highly significant level for number of seeds/head in 1997 and significant for seed husk % in the first season only 1997.

Highly significant increase in seed yield and its components due to application of micronutrients was recorded in the two seasons, except number of seeds/head in the first season, as compared with control. This effect was different from one elements to another and it could be seen that Zn, Mo, Mg and Mn elements gave higher values for seed yield per plant and per fed., 100 seed weight (g) in the first season and greater head diameter and seed husk % in the second season. In general, addition of Fe, Cu and Mo resulted in highly significant increase in head diameter. This beneficial effect of micronutrients on increasing the yield and its components of sunflower plant was observed by Saad *et al.*, 1982, El-Sayed 1988, El-Kady *et al.*, 1990, El-Yamany *et al.*, 1993, Omar and El-Hity 1994 and El-Kady 1997.

The interaction between methods x microelements was highly significant for RGR at the second period (55-70 days) in 1997 season and higher values of RGR were produced by sunflower plants treated with Zn, Fe, Cu and B as a soil application (Table 4).

Also, the highly significant interaction between methods x micronutrients for head diameter, 100 seed weight and seed husk % in the first season and seed yield per plant or per/fed. was obtained in the second season (Tables 6 and 7).

In the first season, the maximum values of head diameter was obtained by soaking seeds with Fe, also data listed in Table 6 showed that coating seeds with Zn gave the highest weight of 100 seeds, as well as, the highest seed husk % due to soil application with Cu and B treatments. In the second season, soil application with Zn gave the highest yields of seeds per plant and per fed as compared with other treatments and control.

Table (6): Effect of methods of application and microelements on yield and its components of sunflower in 1997 season.

Methods of application	Microelements							
	Control	Zn	Mn	Fe	Cu	B	Mo	Mg
A. Head diameter (cm).								
Soil	15.3	16.4	18.5	19.6	16.5	17.4	19.0	17.7
Foliar spray	15.7	18.1	19.5	17.0	18.6	16.6	17.2	18.9
Soaking	15.3	16.9	16.9	18.1	19.6	20.6	17.7	18.1
Coating	15.4	19.6	17.4	19.0	17.8	17.2	18.7	16.9
L.S.D. 0.05%	0.4							
L.S.D. 0.01%	0.53							
B. 100 seed weight (gm)								
Soil	3.75	5.98	6.40	6.75	4.60	4.15	4.70	4.70
Foliar spray	3.93	5.10	5.58	4.23	4.45	4.75	6.38	6.18
Soaking	3.80	6.68	4.28	4.63	4.68	6.03	5.68	6.08
Coating	3.93	5.95	5.45	5.25	5.78	6.20	5.00	5.98
L.S.D. 0.05%	0.34							
L.S.D. 0.01%	0.42							
C. Seed husks %								
Soil	24.9	25.0	25.4	25.6	29.9	30.9	27.8	29.2
Foliar spray	25.1	30.1	24.6	27.4	27.9	25.9	25.9	26.8
Soaking	25.3	28.2	28.0	27.6	28.5	29.4	29.3	27.9
Coating	25.5	26.2	27.6	28.1	27.8	27.9	26.8	27.1
L.S.D. 0.05%	0.70							
L.S.D. 0.01%	0.90							
D. Oil seed yield (kg/fed.)								
Soil	405.1	492.6	519.7	545.2	413.8	418.2	575.7	456.9
Foliar spray	385.1	472	645.1	305.5	353.9	488.8	435.5	449.9
Soaking	412.1	522.8	348.3	378.2	414.7	435.0	585.8	661.6
Coating	385.9	458.3	362.2	426.2	488	529.6	470.4	435.5
L.S.D. 0.05%	14.2							
L.S.D. 0.01%	18.7							

III. Seed oil content and oil yield:

Data in Table 5 indicated clearly that Zn, Mn, B, Mg and Mo in 1997 season and Zn as well as Mn in the second season resulted in higher seed oil content and oil yield compared with control. This increase indicate that a higher proportion of photosynthesis is used by treated plants for the synthesis of oil. These results are in an agreement with results obtained by Saad *et al.*, 1982; El-Sayed, 1988, El-Yamany *et al.*, 1993, Omar and El-Hity, 1994 and El-Kady, 1997. A highly significant interaction between methods of application and microelements for oil seed yield per feddan in the two seasons was in favor of sunflower plants treated with Zn, Mn, Mo, Mg and B as a soil application in the first season and with Zn and Mn as foliar spray in the second season (Tables 6 and 7).

Table (7): Effect of interactions of methods of application and microelements on seed yield per plant and per feddan and on oil seed yield per feddan in 1998 season.

Methods of application	Microelements							
	Control	Zn	Mn	Fe	Cu	B	Mo	Mg
1. Seed yield (g/plant)								
Soil	39.7	50.4	50.3	48.2	47.8	46.6	54.0	59.7
Foliar spray	38.8	53.9	48.1	46.8	50.4	45.4	44.5	42.8
Soaking	36.3	67.5	56.3	49.2	44.3	50.5	43.8	37.4
Coating	37.3	66.7	59.7	45.8	36.8	36.5	42.4	53.9
L.S.D. 0.05%	2.9							
L.S.D. 0.01%	3.8							
2. Seed yield (kg/fed.)								
Soil	952.8	1213.5	1207.3	1155.5	1146.5	1117.3	1296.3	1432.0
Foliar spray	930.8	1293.6	1153.8	1127.8	1208.0	1087.3	1068.0	1027.0
Soaking	871.2	1620.0	1351.0	1179.0	1063.0	1210.7	1048.5	895.5
Coating	895.2	1600.8	1433.0	1103.3	884.3	875.0	1016.3	1294.0
L.S.D. 0.05%	187.2							
L.S.D. 0.01%	247.2							
3. Oil seed yield (kg/fed.)								
Soil	374.5	485.5	484.3	467.8	463.1	457.4	522.9	585.6
Foliar spray	363.8	527.6	464.8	457.8	488.2	434.4	426.9	421.5
Soaking	382.4	655.0	542.8	476.0	430	490.4	425.58	362.0
Coating	350.0	649.8	579.4	446.6	357.8	354.8	413.9	527.3
L.S.D. 0.05%	28.6							
L.S.D. 0.01%	37.9							

Generally, it might be concluded that it is very important to apply micronutrients such as Zn, Mn, Fe, Cu, B, Mo and Mg as a soil or a foliar spray in order to avoid deficiency of these elements during the growth of sunflower plants and to improve growth and yield of this crop.

REFERENCES

- Amberger, A. 1974. Micronutrients dynamics in the soil and function in plant metabolism. Proc. Egypt, Bot. Soc. Workshop, Cairo.
- Bourdman, N.K. 1976. Trace elements in photosynthesis. In trace elements in soil-plant-animal system, edited by D.J.D. Nicholas, pp. 199-212 Academic Press, Inc. New York, Sanfrancisco and London.
- Comstok, V.E. and J.D. Culbertson 1958. A rapid method of determining the oil content of the seed and iodine values of the oil from small sample of flax seed. Agron. J. 50: 113-114.
- Duncan, B.D. 1995. Multiple Range and Multiple F-test, Biometrics, 11: 1-42.
- El-Kady, F.A., M.I. Zedan and Laila Aboushoba, 1990. Response of sunflower to some foliar compounds. J. Res. Tanta Univ. 16(4): 682-688.
- El-Kady, F.A. 1997. Growth and yield of sunflower as influenced by some micronutrients. Adv. Agric. Res., Vol. 2, No. 2: 43-51.
- El-Sayed, M.M. 1988. A comparative study on the effect of phosphorus fertilizer, NAA and folifertile on the growth, yield and its components and seed quality of sunflower. Minufiya J. Agric. Res. 13(3): 1735-1750.

- El-Yamany, S.M., S.A.M. Attia and F.H. El-Gendy, 1993. Response of sunflower yield to nitrogen application rates under different methods of micronutrients application on sandy soils. *Annals of Agric. Sci. Moshtohor*, 13(3): 1381-1391.
- Kastori, R., M. Plesnicar, D. Pankovic and Z. Sakac, 1995. Photosynthesis, chlorophyll fluorescence and soluble carbohydrates in sunflower leaves as affected by boron deficiency. *Journal of Plant Nutrition, Yugoslavia* 18(9): 1751-1763 (C.F. Field Crop Abst. 1996, 49(1), 519).
- Nabhan, M. 1966. Studies on the suspended matter of the Nile water, with special reference to its physical and chemical properties. M.Sc. Thesis, Fac. of Agric. Cairo Univ., pp. 64-66.
- Omar, A.M. and M.A. El-Hity, 1994. Effect of foliar application with microelements fertilizers on two sunflower cultivars (*Helianthus annus* L.). *J. Agric. Sci. Mansoura Univ.* 19(11): 3549-3561.
- Rani, P.L. and T.M.M. Reddy, 1993. Effect of nitrogen and boron on growth characters and dry matter production of sunflower (*Helianthus annus*, L.). *Journal of Research Apau, Indian* 21(1/2) 107-108 (C.F. Field Crop Abst. 1995, 48(12), 1910).
- Saad, A.O., N.I. Ashour and G.M. Yakout 1982. Response of sunflower plants to foliar nutrition with some micronutrients under calcareous soil condition. *Bull, NRC, Egypt*, 7, 274-286.
- Shcolnik, M.Y.A. 1984. Trace elements in plants. Elsevier spi. Pub. Amsterdam.
- Snedecor, G.W. and W.G. Cochran, 1974. Statistical methods , 6th Edition, Iowa State University press Ames. Iowa, p. 593.
- Wallace, A. 1982. Additive protective and synergistic effects on plants with excess trace elements. *Soil Sci.* 123: 319-323.
- Watson, D.J. 1952. The physiological basis of variation in yield *Adv. Agron*, 4: 101-145.
- Wettstin, D. 1957. Chlorophyll, letd and der submikroskopische formwechsel der-plastiden. *Exptl. Cell. Res.* 12: 427-433.

Table (2): Plant height (cm), dry weight of total plants (gm), leaf area (cm²)/plant and number of leaves/plant as influenced by methods of application and microelements in 1997 and 1998 seasons.

Variables	Days from plants	Season	Sig.	Method of application (A)				Sig.	Microelements (B)								Interaction (A x B)
				Soil	Foliar spray	Soaking	Coating		Control	Zn	Mn	Fe	Cu	B	Mo	Mg	
Plant height, cm	40	1997	N.S	56.6	60	64.6	53.6	N.S	50.4	64.9	57	57.1	61.8	57.6	61.1	59.6	N.S
	55		N.S	78.2	84.6	89	79.8	N.S	68.8	89.5	83.2	82.9	88.1	80.8	84.2	85.6	N.S
	70		N.S	175.5	171	172.3	170.8	N.S	155.6	171.4	167.5	178.4	177.8	174.3	173.5	168.4	N.S
	40	1998	N.S	65.7	65.1	66.6	67.1	**	49.4 b	68.9a	67.8a	67.0a	69.2a	69.9a	70.2a	66.5a	N.S
	55		*	101.4c	117 a	105.2b	103.2b	**	83.1 c	107.5b	107.2b	109.2b	112.2a	113.4a	111.3a	109.7b	N.S
	70		*	168.3c	184.7 a	173.3b	177b	**	147.6 b	177.1a	179.9a	175.5a	177.1a	184.1a	187.8a	177.6a	N.S
Dry matter accumulation, gm	40	1997	N.S	10.8	13.3	15.4	14.9	**	9.3b	13.8a	14.2a	14.2a	14.5a	13.4a	15.1a	14.4a	N.S
	55		N.S	27.2	26.4	26.9	26.8	**	20.5b	27.9a	28.9a	26.6a	29.7a	25.9a	28.8a	25.9a	N.S
	70		N.S	33.6	32.1	31.7	31	**	25.6b	33.9a	34.6a	32.3a	35.1a	31.0a	33.9a	30.4a	N.S
	40	1998	N.S	8.8	9.7	9.5	10.7	**	5.8 b	11.0 a	10.3 a	10.1 a	10.1 a	9.4 a	10.5a	9.7a	N.S
	55		N.S	16.2	18.2	16.7	19.1	*	12.6b	19.1a	19.3a	18.5a	18.3a	18.0a	17.5a	17.3a	N.S
	70		N.S	26.5	27.8	26.1	28.3	N.S	21.6	29.3	29.4	27.2	28.8	27.7	26.2	27.1	N.S
Leaf area, cm ²	40	1997	N.S	492.5	478.3	451.3	468.0	N.S	401.1	483.3	490.8	449.6	472.4	509.9	484.8	488.6	N.S
	55		N.S	793.1	865.7	879.5	850.1	N.S	726.3	916.8	873.3	841.9	786.8	852.7	945.3	833.8	N.S
	70		N.S	1666.7	1837.2	1744.6	1808.3	N.S	1408.4	15786	1863.1	1730	17372	1852.9	1860.9	1784.4	N.S
	40	1998	**	492.8b	643 a	642a	643 a	**	332d	596c	658a	660a	674a	614b	638b	667a	N.S
	55		N.S	983	972	1047	957	**	661e	1066a	1035b	958d	1028c	1086a	1026c	1055ab	N.S
	70		*	1462c	1547b	1604a	1601a	**	1267c	1078b	1620a	1582b	1589b	1607a	1578b	1607a	N.S
Number of leaves/plant	40	1997	N.S	10.2	11.3	11.3	11.2	**	9.8b	11.2a	10.7a	12.2a	11.0a	10.9a	11.1a	11.2a	N.S
	55		**	14.5c	15.5b	15.7b	16.2a	**	12.3c	15.6a	14.8b	16.0a	16.6a	16.1a	16.3a	15.4a	N.S
	70		*	13.5b	14.3a	13.5b	14.6a	**	11.1b	12.5b	13.3b	14.8a	14.1a	15.1a	14.8a	14.8a	N.S
	40	1998	N.S	10.4	10.7	10.9	10.7	*	9.4b	10.8a	11.4a	10.9a	11.1a	10.8a	10.4a	10.8a	N.S
	55		N.S	15.6	15.7	15.4	15.5	*	14.2b	15.7a	16.6a	16.0a	15.8a	15.3a	15.6a	15.2a	N.S
	70		N.S	14.4	14.6	14.7	14.9	**	13.1b	15.4a	14.8a	15.2a	14.6a	14.8a	14.8a	14.6a	N.S

*, ** and N.S indicate P < 0.05, P < 0.01 and not significant, respectively.

Means followed by the same letter within each row are not significantly different at 0.05 level.

Table (3): Growth attributes, i.e. leaf pigments (chlorophyll a, b and carotene) crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR) and relative growth rate (RGR) as influenced by methods of application and microelements in 1997 and 1998 seasons.

Variables	Days from sowing	Season	Sig.	Methods of application (A)				Sig.	Microelements (B)								Interaction (A x B)
				Soil	Foliar spray	Soaking	Coating		Control	Zn	Mn	Fe	Cu	B	Mo	Mg	
Leaf pigments mg/g DM	70	1997	N.S	3.40	3.77	3.73	3.75	**	3.26b	3.73a	3.57a	4.07a	3.66a	3.63a	3.70a	3.75a	N.S
			N.S	2.07	2.21	2.24	2.31	**	1.76c	2.23a	2.11b	2.28a	2.37a	2.30a	2.33a	2.20a	N.S
			N.S	2.70	2.86	2.71	2.92	**	2.22b	2.5b	2.66b	2.96a	2.82a	3.02a	2.96a	2.95a	N.S
	70	1998	N.S	3.47	3.57	3.63	3.56	**	3.13b	3.60a	3.80a	3.63a	3.70a	3.61a	3.47a	3.62a	N.S
			N.S	1.95	1.96	1.93	1.94	**	1.78b	1.96a	2.07a	2.01a	1.98a	1.91a	1.95a	1.90a	N.S
			N.S	2.88	2.92	2.94	2.98	**	2.62b	3.08a	2.96a	3.04a	2.92a	2.96a	2.95a	2.92a	N.S
Net assimilation rate (NAR) g/m ² /week	40-55	1997	N.S	4.33	1.63	1.60	1.44	N.S	1.97	1.55	1.81	1.50	1.89	1.54	1.47	1.58	N.S
	55-70		N.S	0.39	0.33	0.27	0.35	N.S	0.37	0.31	0.31	0.32	0.30	0.50	0.26	0.28	N.S
	40-55	1998	N.S	0.77	0.77	0.59	0.84	**	1.07a	0.71a	0.81a	0.76a	0.68b	0.74a	0.57b	0.62b	N.S
	55-70		*	0.60 a	0.55 b	0.48 c	0.51 b	N.S	0.63	0.52	0.53	0.48	0.61	0.51	0.45	0.55	N.S
Crop growth rate (CGR) g/m ² /week	40-55	1997	N.S	1.09	0.87	0.77	0.81	N.S	0.71	0.93	0.99	0.82	1.05	0.88	0.92	0.77	N.S
	55-70		**	0.42a	0.38b	0.32b	0.28c	*	0.34a	0.39a	0.38a	0.38a	0.36a	0.34a	0.33a	0.29b	N.S
	40-55	1998	N.S	0.49	0.57	0.48	0.56	N.S	0.65	0.55	0.60	0.52	0.54	0.57	0.46	0.51	N.S
	55-70		N.S	0.68	0.64	0.62	0.62	N.S	0.60	0.68	0.67	0.58	0.70	0.64	0.58	0.67	N.S
Relative growth rate (RGR) g/g/week	40-55	1997	*	0.059	0.048b	0.039c	0.039c	N.S	0.048	0.052	0.049	0.043	0.048	0.048	0.044	0.043	N.S
	55-70		*	a	0.014a	0.012b	0.009c	**	0.015a	0.013a	0.013a	0.013a	0.012a	0.013a	0.010a	0.009b	**
	40-55	1998	N.S	0.044	0.044	0.039	0.040	**	0.063a	0.039b	0.044b	0.039b	0.043b	0.044b	0.034b	0.040b	N.S
	55-70		N.S	0.034	0.029	0.030	0.026	N.S	0.036	0.029	0.028	0.027	0.031	0.029	0.027	0.032	N.S

*, ** and N.S indicate $P < 0.05$, $P < 0.01$ and not significant, respectively.

Means followed by the same letter within each row are not significantly different at 0.05 level.

Table (5): Yield and its components, i.e. head diameter (cm), number of seeds/head, 100 seed weight, seed husk %, oil seed content and seed oil yields (kg) per feddan of sunflower crop as influenced by methods of application and microelements in 1997 and 1998 seasons.

Variables	Season	Sig.	Methods of application (A)				Sig.	Microelements (B)								Interaction (A x B)
			Soil	Foliar spray	Soaking	Coating		Control	Zn	Mn	Fe	Cu	B	Mo	Mg	
Head diameter, cm	1997	N.S	17.6	17.7	17.9	17.8	**	15.4b	17.8a	18.0a	18.4a	18.1a	17.9a	18.1a	17.9a	**
	1998	N.S	17.8	17.9	18.0	17.7	**	15.5b	18.5a	18.0a	17.9a	18.2a	18.4a	18.2a	18.3a	N.S
Number of seeds per head	1997	**	1172.5a	872.4b	887.4b	715.3c	N.S	624	841.8	873.9	769.8	897.5	956.4	978.2	916.1	N.S
	1998	N.S	904.5	880	910	836	**	669 d	897.5c	922b	885c	922b	941a	918b	908b	N.S
100 seed weight, gm	1997	N.S	5.1	5.1	5.2	5.4	**	3.9b	5.9a	5.4a	5.2a	4.9a	5.3a	5.4a	5.7a	**
	1998	N.S	5.4	5.2	5.3	5.3	**	3.9b	5.7a	5.7a	5.5a	5.4a	5.3a	5.5a	5.3a	N.S
Seed husk, %	1997	*	27.3b	26.7b	28.0a	27.1b	**	25.2b	27.4b	26.4b	27.8a	28.5a	28.5a	27.4a	27.8a	**
	1998	N.S	27.2	27.1	27.2	27.5	*	25.3b	27.7a	27.7a	27.9a	27.9a	27.5a	27.5a	26.9a	N.S
Seed oil content, %	1997	N.S	40	40	40.5	40.4	N.S	39.3	40.4	40.3	40.6	40.5	40.5	40.7	40.2	N.S
	1998	N.S	40.3	40.3	40.3	40.3	**	39.2b	40.5a	40.3a	40.5a	40.5a	40.5a	40.3a	40.7a	N.S
Seed yield per plant, gm	1997	N.S	50.1	45.5	49.1	46.2	**	41.0f	50.1b	48.5d	42.3e	42.9e	49.4c	52.9a	53.1a	N.S
	1998	N.S	49.6	46.3	48.1	47.4	**	38.0g	59.6a	53.6b	47.5d	44.8f	50.9c	46.2e	48.4d	**
Seed yield, kg per feddan	1997	N.S	1203.1	1092.8	1178.6	1108.8	**	984.0f	1203.4	1163.3	1020.6	1032.0	1186.0c	1268.6a	1274.8a	N
	1998	N.S	1190.2	1112.0	1154.9	1137.7	**	912.5g	b 1432a	d 1286b	e 1141d	e 1075f	1073f	1107e	1162c	**
Seed oil yield, kg per feddan	1997	N.S	480.7	441.9	476.9	444.5	**	397.1b	486.4a	468.8a	413.7b	423.8b	480.5a	516.8a	501.0a	**
	1998	N.S	467.6	448.1	465.5	447.5	**	348.1d	579.4a	517.8a	462.0b	434.8c	434.0c	447.3c	449.1b	**

*, ** and N.S indicate $P < 0.05$, $P < 0.01$ and not significant, respectively.

Means followed by the same letter within each row are not significantly different at 0.05 level.